

**ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DE LA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL DE LA  
CAÑA DE AZÚCAR.  
Estudio de Caso: Ingenio Risaralda S.A.**

**PRESENTADO POR  
LUISA FERNANDA GONZÁLEZ RAMÍREZ**

**PROGRAMA DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES  
GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES  
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
LA JULITA, PEREIRA RISARALDA  
2020**

**ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DE LA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL DE LA  
CAÑA DE AZÚCAR.  
Estudio de Caso: Ingenio Risaralda S.A**

**PRESENTADO POR  
LUISA FERNANDA GONZÁLEZ RAMÍREZ**

**PROGRAMA DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES**

**DIRECTOR  
Ph.D JORGE AUGUSTO MONTOYA A**

**GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES  
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
LA JULITA, PEREIRA RISARALDA  
2020**

## **DEDICATORIA**

*A mis padres y hermanos, por su eterna entrega, ejemplo y amor; ustedes son la fuente de inspiración de mi vida...*

*A Reinaldo, por su amor, comprensión, y apoyo; no fue fácil, pero agradezco cada día...*

*A mis sobrinos, por su infinito amor, ustedes me brindan la luz necesaria para alcanzar los diferentes logros que me propongo...*

*A mi familia, porque son lo más preciado de mi vida...*

*A Thor, a Mailo y a mis angelitos de 4 patas, por tantas enseñanzas de lealtad, fidelidad y por su compañía tan preciada...*

***Luisa Fernanda***

### *A nuestro ángel en el cielo...*

*Esta ha sido la etapa más dolorosa de nuestras vidas porque desde que te fuiste, nuestro corazón se rompió en mil pedazos. Te extrañamos cada día, te recordamos siempre, oramos por tu descanso eterno, porque Dios te perdone los errores cometidos y porque te acepte a su lado. Padresito, te vimos luchar con todas las fuerzas por tu vida y admiramos cada día la entereza con la que asumiste esos meses de enfermedad; eso nos permitió entender que tenías que partir y que Dios te dio el regalo de ya no sentir más dolor. Por mi madresita no te preocupes, ella es una mujer de oración y realmente, aunque como ella te lo dijo el día que partiste: “el amor de su vida se durmió para siempre”, ella ha sido nuestro bastón.*

*¿Sabes?, recordarte nos engrandece, pues sin duda alguna, con tropiezos en el camino, fuiste el mejor en muchos de tus roles en vida (esposo, padre, hijo, hermano, amigo, tío, abuelito). Dios te llevó en el momento menos esperado y desafortunadamente, tu partida no nos dio tiempo a poder despedirnos de ti; teníamos tantas cosas por decirte, tanto por agradecerte, fuiste tan bonito, tan atento, tan tranquilo, tan amoroso, tan prudente, nos dejaste tantas enseñanzas.*

*Hoy enviamos un beso al cielo, y te honramos; nunca te olvidaremos y así como tú lo hubieras querido, intentaremos disfrutar este nuevo presente, iremos levantando la espalda encorvada y nos pondremos en pie. Padresito, hay cosas que siempre quedarán, tu voz hermosa, tu mirada, tu servicio y atención a todos con tanto gusto, la sazón de tu comida, y tú, todo tú. Eres y siempre serás irremplazable.*

*Te amamos hasta la eternidad....*

***Tu esposa, tus hijos y tu nieto***

## **AGRADECIMIENTOS:**

*La culminación de este trabajo es resultado de mucho esfuerzo y dedicación, y la fuerza que tuve para lograrlo se la agradezco a Dios, quien fue mi torrente de energía.*

*A mi Director de Proyecto, Ph.D Jorge Augusto Montoya, por darme la posibilidad de aprender muchas cosas caminando a su lado; por compartir conmigo su conocimiento, por todas sus búsquedas e inquietudes, por los muchos buenos y otros difíciles momentos compartidos.*

*A la Universidad Tecnológica de Pereira y a todos los docentes que participaron en mi proceso de formación, por los conocimientos compartidos; son ejemplo de un trabajo hecho con convencimiento y entrega.*

*Al Comité Doctoral, Ph.D Juan David Villegas Gómez, Ph.D Álvaro Hernán Restrepo V y Ph.D Orlando Zúñiga Escobar, por su dedicación y valiosos aportes.*

*A mis compañeros de Doctorado en Ciencias Ambientales, por sus muestras de apoyo y cariño durante estos años.*

*Al Ingenio Risaralda S.A., por permitirme desarrollar mi tesis en esta prestigiosa Organización.*

*A mis compañeros y amigos del Ingenio Risaralda S.A. y muy especialmente al Administrador Ambiental Gustavo Adolfo Marín del Río, por su confianza y amistad.*

*Al personal del Centro de Investigación de la Caña de Azúcar (CENICANÑA), en especial al Ph.D Nicolás Gil Zapata y al Ingeniero Químico David Palacios, pues representaron grandes aportes para el presente estudio.*

*A todos el equipo del Centro de Análisis de Ciclo de Vida y Diseño Sustentable, a su Directora General, Ph.D Nydia Suppen Reynaga y a todos sus docentes, quienes me permitieron fortalecer los conocimientos en el tema de estudio.*

*A la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, directivas, docentes y administrativos por el apoyo que me brindaron.*

*A mis estudiantes, tesisistas y egresados, por ser mi motor de crecimiento académico.*

*Y a tantas personas a mi alrededor, amigos y familia, quienes han hecho más llevadero mi camino, compartiendo mis satisfacciones y también, esos momentos difíciles.*

***Gracias de corazón.***

## CONTENIDO

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>16</b>
<b>1.1</b>	<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>17</b>
1.1.1	<i>Preguntas de investigación .....</i>	<i>18</i>
<b>1.2</b>	<b>JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>18</b>
<b>1.3</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>20</b>
1.3.1	<i>Objetivo general.....</i>	<i>20</i>
1.3.2	<i>Objetivos específicos.....</i>	<i>20</i>
<b>2</b>	<b>MARCO DE REFERENCIA .....</b>	<b>21</b>
<b>2.1</b>	<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>21</b>
2.1.1	<i>Biocombustibles .....</i>	<i>21</i>
2.1.1.1	<i>Biocombustibles en Colombia.....</i>	<i>21</i>
2.1.1.2	<i>Etanol como biocombustible .....</i>	<i>21</i>
2.1.1.3	<i>Producción de bioetanol de caña de azúcar.....</i>	<i>22</i>
2.1.2	<i>Cultivo de caña de azúcar en el valle geográfico del río Cauca .....</i>	<i>24</i>
2.1.2.1	<i>Desarrollo histórico de la industria azucarera en el valle geográfico del río Cauca .....</i>	<i>25</i>
2.1.3	<i>Desarrollo sostenible, crecimiento verde y relación con el análisis de ciclo de vida (ACV).....</i>	<i>27</i>
2.1.4	<i>Análisis de ciclo de vida (ACV).....</i>	<i>30</i>
2.1.5	<i>Estudios de análisis de ciclo de vida en relación a la producción de etanol.....</i>	<i>33</i>
2.1.5.1	<i>Estudios internacionales .....</i>	<i>33</i>
2.1.5.2	<i>Estudios nacionales .....</i>	<i>34</i>
2.1.6	<i>Responsabilidad social empresarial .....</i>	<i>35</i>
2.1.6.1	<i>Modelos de gestión para la responsabilidad social empresarial .....</i>	<i>37</i>
2.1.6.2	<i>Implicaciones de la RSE en el sector azucarero colombiano .....</i>	<i>41</i>
<b>2.2</b>	<b>MARCO CONTEXTUAL.....</b>	<b>43</b>
2.2.1	<i>Generalidades del valle geográfico del río Cauca .....</i>	<i>43</i>
2.2.2	<i>Ingenio Risaralda S.A. ....</i>	<i>44</i>
2.2.2.1	<i>Contexto histórico del Ingenio Risaralda S.A. ....</i>	<i>45</i>
2.2.2.2	<i>Red de macro procesos.....</i>	<i>48</i>
2.2.2.3	<i>Direccionamiento estratégico.....</i>	<i>49</i>
<b>2.3</b>	<b>MARCO LEGAL .....</b>	<b>51</b>
<b>3</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>55</b>
<b>3.1</b>	<b>ÁREA DE ESTUDIO .....</b>	<b>55</b>
<b>3.2</b>	<b>ESTRUCTURA METODOLÓGICA PRINCIPAL .....</b>	<b>55</b>
3.2.1	<i>Descripción metodológica de la etapa de análisis de la percepción de los grupos de interés del ingenio del estudio de caso .....</i>	<i>56</i>
3.2.1.1	<i>Identificación de la población (Grupos de Interés) .....</i>	<i>56</i>
3.2.1.2	<i>Selección de la muestra .....</i>	<i>56</i>
3.2.1.3	<i>Muestreo.....</i>	<i>57</i>
3.2.1.4	<i>Procedimiento de selección .....</i>	<i>57</i>
3.2.1.5	<i>Recolección de datos .....</i>	<i>58</i>
3.2.1.6	<i>Análisis de datos.....</i>	<i>58</i>
3.2.1.7	<i>Aspectos éticos.....</i>	<i>58</i>
3.2.2	<i>Descripción metodológica de las etapas del análisis de ciclo de vida .....</i>	<i>59</i>
3.2.2.1	<i>Objetivo del estudio .....</i>	<i>59</i>
3.2.2.2	<i>Alcance del estudio .....</i>	<i>59</i>
3.2.2.3	<i>Inventario de ciclo de vida (ICV).....</i>	<i>59</i>
3.2.2.4	<i>Evaluación del impacto del ciclo de vida (EICV) .....</i>	<i>59</i>
3.2.2.5	<i>Interpretación .....</i>	<i>60</i>
3.2.3	<i>Descripción metodológica del análisis de sostenibilidad .....</i>	<i>60</i>
<b>4</b>	<b>PERCEPCIÓN DE LOS GRUPOS DE INTERÉS DEL INGENIO DEL ESTUDIO DE CASO .....</b>	<b>61</b>

<b>4.1</b>	<b>GRUPOS DE INTERÉS Y DISTRIBUCIÓN MUESTRAL .....</b>	<b>61</b>
<b>4.2</b>	<b>PERCEPCIÓN SOBRE LA RESPONSABILIDAD SOCIAL EMPRESARIAL EN EL CONTEXTO AMBIENTAL .....</b>	<b>63</b>
4.2.1	<i>Análisis de los encuestados .....</i>	63
4.2.1.1	Distribución por género .....	63
4.2.1.2	Distribución por edad .....	64
4.2.1.3	Distribución por lugar de procedencia .....	65
4.2.1.4	Distribución por nivel de formación .....	66
4.2.1.5	Relación de las variables: grupos de interés, edad, género y nivel de formación .....	67
4.2.2	<i>Conocimientos sobre Responsabilidad Social Empresarial (RSE) y su aplicación en el ingenio del estudio de caso .....</i>	70
4.2.2.1	Conocimiento sobre el concepto de responsabilidad social empresarial .....	70
4.2.2.2	Conocimiento sobre la aplicación de la Responsabilidad Social Empresarial (RSE) en el ingenio del estudio de caso .....	71
4.2.2.3	Relación de las variables: Grupos de interés, conocimiento sobre el concepto de responsabilidad social empresarial y el concepto sobre si el ingenio del estudio de caso es socialmente responsable .....	73
4.2.3	<i>Componente ambiental de la Responsabilidad Social Empresarial (RSE) en el ingenio del estudio de caso .....</i>	75
4.2.3.1	Grado de conocimiento y gestión del Ingenio, para reducir el impacto ambiental que generan sus operaciones .....	75
4.2.3.2	Conocimiento del componente ambiental de la Responsabilidad Social Empresarial (RSE) en el ingenio del estudio de caso .....	76
4.2.3.3	Relación de las variables: Grupos de interés, conocimiento del informe de sostenibilidad que publica el ingenio del estudio de caso y su grado de conocimiento y gestión, para reducir el impacto ambiental .....	78
<b>4.3</b>	<b>SÍNTESIS DEL CAPÍTULO .....</b>	<b>80</b>
<b>5</b>	<b>ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA PARA EL BIOETANOL PRODUCIDO EN EL INGENIO DEL ESTUDIO DE CASO, CON ALCANCE DE LA CUNA A LA PUERTA .....</b>	<b>81</b>
<b>5.1</b>	<b>SISTEMA BAJO ESTUDIO .....</b>	<b>81</b>
5.1.1	<i>Descripción del proceso de campo .....</i>	82
5.1.1.1	Destrucción de cepas .....	85
5.1.1.2	Nivelación del terreno .....	86
5.1.1.3	Preparación del terreno .....	86
5.1.1.4	Siembra .....	88
5.1.1.5	Resiembra .....	89
5.1.1.6	Riego .....	89
5.1.1.7	Labores mecánicas .....	92
5.1.1.8	Mantenimiento de orilleras y canales de riego y drenaje .....	93
5.1.1.9	Fertilización .....	94
5.1.1.10	Control de malezas .....	95
5.1.1.11	Aplicación de madurante .....	96
5.1.1.12	Inventario de datos para las labores de campo (año 2015) .....	97
5.1.2	<i>Descripción del proceso de cosecha .....</i>	101
5.1.2.1	Quema programada .....	102
5.1.2.2	Sistemas de Cosecha .....	102
5.1.2.3	Alce y transporte .....	104
5.1.2.4	Manejo de residuos de cosecha .....	104
5.1.2.5	Inventario de datos para las labores de cosecha (año 2015) .....	105
5.1.3	<i>Descripción del proceso de Fábrica .....</i>	106
5.1.3.1	Molinos .....	106
5.1.3.2	Clarificación .....	109
5.1.3.3	Evaporación .....	109
5.1.3.4	Cristalización .....	109

5.1.3.5	Centrifugación.....	109
5.1.3.6	Secado .....	110
5.1.3.7	Inventario de datos para las labores de fábrica (año 2015).....	110
5.1.4	<i>Descripción del proceso de cogeneración de energía .....</i>	<i>112</i>
5.1.4.1	Inventario de datos para las labores de cogeneración de energía (año 2015) .....	112
5.1.5	<i>Producción de alcohol carburante.....</i>	<i>113</i>
5.1.5.1	Fermentación.....	113
5.1.5.2	Destilación.....	113
5.1.5.3	Deshidratación por tamices moleculares .....	114
5.1.5.4	Almacenamiento y Despacho.....	114
5.1.5.5	Inventario de datos para la planta de alcohol carburante (año 2015) .....	114
<b>5.2</b>	<b>ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DEL BIOETANOL.....</b>	<b>115</b>
5.2.1	<i>Etapa I. Definición de los objetivos y alcance del estudio .....</i>	<i>115</i>
5.2.1.1	Objetivo del estudio .....	115
5.2.1.2	Aplicación, audiencia y razones para llevar a cabo el estudio.....	115
5.2.1.3	Público previsto.....	116
5.2.1.4	Aseveraciones comparativas .....	116
5.2.1.5	Alcance del estudio .....	116
5.2.2	<i>Etapa II: Inventario de ciclo de vida (ICV) .....</i>	<i>118</i>
5.2.2.1	Análisis de inventario y recolección de datos .....	118
5.2.2.2	Procedimientos de asignación .....	118
5.2.2.3	Factores de emisión.....	119
5.2.2.4	Descripción cuantitativa y cualitativa de los procesos unitarios .....	121
5.2.2.5	Inventario de Ciclo de Vida.....	122
5.2.2.6	Análisis de calidad de datos .....	125
5.2.2.7	Cobertura tecnológica .....	125
5.2.3	<i>Etapa III: Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida (EICV).....</i>	<i>126</i>
5.2.3.1	Método de evaluación de impacto y categorías de impacto analizadas.....	126
5.2.3.2	EICV de la producción de bioetanol de la caña de azúcar en el ingenio del estudio de caso ...	128
5.2.4	<i>Etapa IV: Interpretación .....</i>	<i>141</i>
5.2.4.1	Análisis de incertidumbre.....	142
<b>5.3</b>	<b>SÍNTESIS DEL CAPÍTULO .....</b>	<b>144</b>
<b>6</b>	<b>ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD DEL INGENIO DEL ESTUDIO DE CASO, AL AÑO 2015</b>	<b>146</b>
6.1	<b>MATRIZ DE INCLUSIÓN DE LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS) CON LAS ACTIVIDADES DE RESPONSABILIDAD SOCIAL EMPRESARIAL (RSE) IMPLEMENTADAS POR EL INGENIO DEL ESTUDIO DE CASO PARA EL AÑO 2015 .....</b>	<b>150</b>
6.2	<b>SÍNTESIS DEL CAPÍTULO .....</b>	<b>159</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>160</b>
<b>8</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>162</b>
<b>9</b>	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>163</b>



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema del proceso de obtención de etanol de caña con la tecnología colombiana. ..	24
Figura 2. Componentes del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) .....	31
Figura 3. Alcance de un ACV .....	32
Figura 4. Localización de plantas de alcohol carburante. ....	44
Figura 5. Localización del Ingenio Risaralda S.A. y su área de influencia .....	45
Figura 6. Red de Macro Procesos del Ingenio Risaralda S.A. ....	49
Figura 7. Grupos de Interés (o partes interesadas) del Ingenio.....	61
Figura 8. Distribución por grupo de interés al cual pertenece .....	62
Figura 9. Distribución por género .....	63
Figura 10. Distribución por edad .....	64
Figura 11. Distribución por lugar de procedencia .....	65
Figura 12. Distribución por nivel de formación.....	66
Figura 13. Distribución por conocimiento sobre el concepto de RSE.....	70
Figura 14. Distribución por conocimientos sobre la aplicación de la RSE en el ingenio del estudio de caso.....	72
Figura 15. Distribución por grado de conocimiento y gestión de Ingenio, para reducir el impacto ambiental.....	75
Figura 16. Distribución por conocimiento sobre el componente ambiental de la RSE en el ingenio del estudio de caso .....	77
Figura 17. Proceso Productivo del Ingenio Risaralda S.A.....	81
Figura 18. Asignación de las emisiones de campo, cosecha y fábrica de azúcar .....	119
Figura 19. Asignación parametrizada en el software SimaPro .....	119
Figura 20. Red de procesos para el análisis de 1 m <sup>3</sup> de etanol (categoría de cambio climático)	121
Figura 21. Estructura de los datos en el software SimaPro.....	122
Figura 22. Categoría “caña de azúcar” y procesos del estudio .....	123
Figura 23. Estructura de datos en el software SimaPro para el proceso de campo.....	124
Figura 24. Estructura de datos en el software SimaPro para el subproceso de control de malezas .....	124
Figura 25. Asignación porcentual de la Evaluación de Inventario de Ciclo de Vida (caracterización).....	128
Figura 26. Asignación porcentual de la evaluación de la etapa de campo .....	131
Figura 27. Asignación porcentual de la evaluación de la etapa de cosecha .....	133
Figura 28. Asignación porcentual de la evaluación de la etapa de fábrica .....	135
Figura 29. Asignación porcentual de la evaluación de la etapa de destilería .....	137
Figura 30. Asignación porcentual de la evaluación de la etapa de cogeneración.....	139
Figura 31. Análisis de incertidumbre.....	143
Figura 32. Caña de azúcar molida en el sector azucarero colombiano .....	146
Figura 33. Caña de azúcar molida en el Ingenio Risaralda S.A. ....	147
Figura 34. Área sembrada y área cosechada en el Ingenio Risaralda S.A. ....	148
Figura 35. Producción de bioetanol en el Ingenio Risaralda S.A. ....	149
Figura 36. Número de empleos en el Ingenio Risaralda S.A. ....	149

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Evolución histórica de la industria azucarera en Colombia.....	25
Tabla 2. Algunas herramientas de software para desarrollar ACV genéricos .....	32
Tabla 3. Cronología del desarrollo del Análisis de Ciclo de Vida en bioetanol a nivel internacional .....	33
Tabla 4. Estudios que involucran el Análisis de Ciclo de Vida en bioetanol en Colombia.....	34
Tabla 5. Elementos de la evolución de la RSE .....	35
Tabla 6. Organizaciones que trabajan sobre Responsabilidad Social Empresarial (RSE) .....	36
Tabla 7. Principales instrumentos internacionales de RSE.....	38
Tabla 8. Certificados de sostenibilidad que se usan en el sector de la caña de azúcar .....	40
Tabla 9. Etapas de desarrollo .....	45
Tabla 10. Legislación Colombiana asociada a producción de alcohol carburante en el territorio nacional. ....	51
Tabla 11. Estructura metodológica principal .....	55
Tabla 12. Distribución de la población y de la muestra por estratos: Grupos de Interés.....	57
Tabla 13. Distribución de las muestras “esperada” y “real” por estratos: Grupos de Interés.....	58
Tabla 14. Distribución por grupo de interés al cual pertenece .....	62
Tabla 15. Distribución por género .....	63
Tabla 16. Distribución por edad.....	64
Tabla 17. Distribución por lugar de procedencia.....	65
Tabla 18. Distribución por nivel de formación .....	66
Tabla 19. Distribución por conocimiento sobre el concepto de RSE .....	70
Tabla 20. Distribución por conocimientos sobre la aplicación de la RSE en el ingenio del estudio de caso.....	71
Tabla 21. Relación de las variables: Grupos de interés, conocimiento sobre el concepto de responsabilidad social empresarial y el concepto sobre si el ingenio del estudio de caso es socialmente responsable.....	73
Tabla 22. Grado de conocimiento y gestión del Ingenio, para reducir el impacto ambiental .....	75
Tabla 23. Distribución por conocimiento sobre el componente ambiental de la RSE en IRISA .	76
Tabla 24. Relación de las variables: Grupos de interés, conocimiento del informe de sostenibilidad que publica el Ingenio y su grado de conocimiento y gestión, para reducir el impacto ambiental .....	78
Tabla 25. Tipos de vinculación de predios al ingenio del estudio de caso .....	83
Tabla 26. Cronograma de labores para el levantamiento del cultivo.....	85
Tabla 27. Equipos y herramientas para destrucción de cepas.....	86
Tabla 28. Equipos y herramientas para nivelación del terreno .....	86
Tabla 29. Equipos y herramientas para subsolar .....	86
Tabla 30. Equipos y herramientas para cincelar .....	87
Tabla 31. Equipos y herramientas para desterronada y pulida .....	87
Tabla 32. Equipos y herramientas para surcada.....	87
Tabla 33. Equipos y herramientas para labranza reducida .....	88
Tabla 34. Cantidad de paquetes de semilla requerida por hectárea según la distancia entre surcos y la distancia entre paquetes de semilla. ....	88
Tabla 35. Equipos y herramientas para siembra .....	89
Tabla 36. Equipos y herramientas para resiembra .....	89

Tabla 37. Especificaciones de un equipo semiportátil de riego por aspersión .....	89
Tabla 38. Características de los accesorios y la maquinaria para el riego por aspersión con el equipo semiportátil descrito.....	90
Tabla 39. Equipos y herramientas para riego por gravedad o superficie.....	91
Tabla 40. Equipos y herramientas para roturación .....	92
Tabla 41. Equipos y herramientas para cultivo - abono.....	93
Tabla 42. Equipos y herramientas para mantenimiento de orilleras .....	93
Tabla 43. Equipos y herramientas para fertilización líquida .....	94
Tabla 44. Equipos y herramientas para abonamiento orgánico .....	95
Tabla 45. Equipos y materiales utilizados en la aplicación de madurantes .....	96
Tabla 46. Variables y especificaciones de la labor .....	96
Tabla 47. Condiciones técnicas de la labor.....	97
Tabla 48. Consumo de combustible por transporte en labores de campo.....	97
Tabla 49. Labores agrícolas implementadas en preparación de terreno para plantilla ó renovación (valores promedio).....	98
Tabla 50. Labores agrícolas implementadas en preparación de terreno para soca (valores promedio) .....	98
Tabla 51. Área total irrigada .....	99
Tabla 52. Tipo de riego utilizado.....	99
Tabla 53. Fuente de agua para riego .....	99
Tabla 54. Cantidad de herbicida aplicado por hectárea (kg ingrediente activo/ha).....	99
Tabla 55. Tipo de fertilización que se aplica .....	100
Tabla 56. Tipo de aplicación de fertilizantes .....	100
Tabla 57. Tipo de fertilizantes aplicados .....	100
Tabla 58. Cantidad de madurador aplicado por hectárea (plantilla o soca).....	101
Tabla 59. Aplicación de maduradores, y su consumo de combustible por año .....	101
Tabla 60. Equipos y herramientas para encalle mecánico .....	105
Tabla 61. Tipo de cosecha empleada .....	105
Tabla 62. Datos de los tractores utilizados en labores de cosecha.....	105
Tabla 63. Datos de los equipos utilizados para labores de cosecha.....	105
Tabla 64. Composición promedio de la caña.....	110
Tabla 65. Consumo de materias primas o insumos.....	110
Tabla 66. Procesos se realizan para la producción de azúcar crudo .....	110
Tabla 67. Procesos se realizan para la producción de azúcar crudo .....	111
Tabla 68. Composición Bagazo, Cachaza y Miel Final.....	111
Tabla 69. Consumo de energía eléctrica .....	111
Tabla 70. Consumo anual de combustible .....	112
Tabla 71. Generación de electricidad.....	112
Tabla 72. Consumo de materias primas o insumos.....	114
Tabla 73. Información recolectada en los formatos de CENICAÑA .....	118
Tabla 74. Factores de emisión combustibles .....	120
Tabla 75. Factores de emisión para energía eléctrica .....	120
Tabla 76. Descripción del proceso de campo .....	123
Tabla 77. Categorías e indicadores de impacto a nivel medio y conexión con las categorías de impacto a nivel final.....	127
Tabla 78. Categorías e indicadores de impacto a nivel final .....	127

Tabla 79. Evaluación de Inventario de Ciclo de Vida de la producción de 1 m <sup>3</sup> de bioetanol de la caña de azúcar .....	129
Tabla 80. Evaluación de Inventario de Ciclo de Vida de la producción de 28.215,58 m <sup>3</sup> de bioetanol de la caña de azúcar .....	130
Tabla 81. Evaluación de la etapa de campo de la producción de 28.215,58 m <sup>3</sup> de bioetanol de la caña de azúcar .....	132
Tabla 82. Evaluación de la etapa de cosecha de la producción de 28.215,58 m <sup>3</sup> de bioetanol de la caña de azúcar .....	134
Tabla 83. Evaluación de la etapa de fábrica de la producción de 28.215,58 m <sup>3</sup> de bioetanol de la caña de azúcar .....	136
Tabla 84. Evaluación de la etapa de destilería de la producción de 28.215,58 m <sup>3</sup> de bioetanol de la caña de azúcar .....	138
Tabla 85. Evaluación de la etapa de cogeneración de la producción de 28.215,58 m <sup>3</sup> de bioetanol de la caña de azúcar .....	140
Tabla 86. Principales hallazgos de los resultados de la EICV .....	141
Tabla 87. Matriz de pedigree de nivel de calidad de los datos .....	142
Tabla 88. Análisis de incertidumbre .....	144
Tabla 89. Matriz de inclusión de los ODS con la RSE implementada por el ingenio del estudio de caso en el año 2015 .....	150

## LISTADO DE FOTOS

Foto 1. Cultivos de caña de azúcar .....	84
Foto 2. Semillas de caña de azúcar .....	88
Foto 3. Captación y conducción de agua para riego .....	91
Foto 4. Carga del tractor para fertilización .....	92
Foto 5. Fertilización .....	93
Foto 6. Control de malezas .....	95
Foto 7. Quemadas para cosecha manual .....	102
Foto 8. Cosecha manual .....	103
Foto 9. Cosecha mecánica .....	104
Foto 10. Patio de caña .....	106
Foto 11. Mesas de lavado de caña .....	106
Foto 12. Molinos – Desfibradora .....	107
Foto 13. Molinos – Conductores de caña .....	107
Foto 14. Molinos – Extracción de jugos de la caña .....	108
Foto 15. Molinos – batería de motores .....	108
Foto 16. Planta de alcohol carburante .....	113

## LISTA DE ANEXOS

	Pag
Anexo 1. Revisión crítica (académica). Centro de Análisis de Ciclo de Vida y Diseño Sustentable, CADIS. México, 2016.	173
Anexo 2. Plano de la zona de influencia del Ingenio Risaralda S.A.	174
Anexo 3. Formulario de la encuesta	175
Anexo 4. Relación de las variables: grupos de interés, edad, género y nivel de formación	177
Anexo 5. Inventario del ciclo de vida del ingenio del estudio de caso, para la producción de etanol de la caña de azúcar., año 2015	181
Anexo 6. Diagramas de entradas y salidas. Campo	203
Anexo 7. Diagrama de entradas y salidas. Cosecha	205
Anexo 8. Diagrama de entradas y salidas. Fábrica	207
Anexo 9. Diagrama de entradas y salidas. Producción de etanol	210
Anexo 10. Diagrama de entradas y salidas. Cogeneración de energía	212

## LISTA DE SIGLAS

ACV	Análisis de Ciclo de Vida (LCA por sus siglas en inglés)
AEPS	Agricultura Específica por Sitio
ASOCAÑA	Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar Colombiana
ANDI	Asociación Nacional de Empresarios de Colombia
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BNDES	Banco Nacional de Desarrollo Económico y Social
CADIS	Centro de Análisis de Ciclo de Vida y Diseño Sustentable
CARDER	Corporación Autónoma Regional de Risaralda
CENICAÑA	Centro de Investigación de la Caña de Azúcar
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe (ECLAC por sus siglas en inglés)
CGEE	Centro de Gestión y Estudios Estratégicos
CH <sub>4</sub>	Metano
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CO	Monóxido de carbono
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
CPS	Consumo y Producción Sostenible
CV	Crecimiento Verde
EICV	Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida
FAOSTAT	Food and Agriculture Organization of the United Nations
GEI	Gases de efecto invernadero
ICONTEC	Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación
ICV	Inventario de Ciclo de Vida
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático en español)
IRISA	Ingenio Risaralda S.A.
ISO	Organización Internacional de Normalización
MWh	Megavatio-hora
N <sub>2</sub> O	Óxido de nitrógeno
NO <sub>x</sub>	Óxidos de nitrógeno
NTC	Norma Técnica Colombiana
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD por sus siglas en inglés)
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
OIT	Organización Internacional del Trabajo (ILO por sus siglas en inglés)
ONU	Organización de las Naciones Unidas (UN por sus siglas en inglés)
PND	Plan Nacional de Desarrollo
PNUMA	Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP por sus siglas en inglés)
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

REGAR	Reconocimiento a la Excelencia en la Gestión Ambiental de Risaralda
RSC	Responsabilidad Social Corporativa
RSE	Responsabilidad Social Empresarial
SETAC	Sociedad de Toxicología y Química Ambiental
SOx	Óxidos de azufre
UICN	Unión Internacional sobre la Conservación de la Naturaleza
UTP	Universidad Tecnológica de Pereira
WCED	Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo
WWF	World Wildlife Fund for Nature (Fondo Mundial para la Naturaleza en español)

# 1 INTRODUCCIÓN

Durante siglos, la biomasa como la leña, fue el principal combustible para la humanidad. Con el inicio en la Revolución Industrial, que incluyó la introducción del carbón mineral y los hidrocarburos, la matriz energética se transformó para ceder el paso a la utilización de recursos no renovables, y la biomasa fue paulatinamente perdiendo importancia. Posteriormente, desde la crisis del petróleo de los años setenta, los combustibles derivados de la biomasa o biocombustibles vuelven a ser considerados alternativas capaces de sustitución, con ventajas sobre los derivados del petróleo (CEPAL, 2006).

Bueno, L. S., (2011), plantea que las razones que incentivan a los países a la producción de biocombustibles son: a) Reducción de la dependencia externa en el suministro de combustibles y aseguramiento del abastecimiento del mercado nacional a partir de fuentes locales, con potenciales ventajas en términos de balanza de pagos y equilibrio fiscal; b) Sustentabilidad ambiental de los biocombustibles, por ser una forma renovable de energía, y por presentar un menor impacto ambiental en el uso final; c) Dinamización de las actividades agrícolas y generación de empleo en el medio rural y d) Diversificación estratégica que los biocombustibles traen a los sectores agroindustriales eventualmente estancados o en retracción.

Colombia, con la Ley 693 de 2001 del Ministerio de Minas y Energía, apostó por los biocombustibles haciendo obligatorias las mezclas de gasolina con etanol y de diesel con biodiesel. En el documento Conpes 3510 de 2008, se encuentran los lineamientos de política para promover la producción sostenible de biocombustibles en Colombia; los mandatos para producción y consumo de biocombustibles se encuentran en diferentes leyes, decretos y resoluciones. Los objetivos que persigue la política de biocombustibles en el país (que coincide con la visión mundial), son: impulsar el desarrollo rural, diversificar la canasta energética, mejorar el medio ambiente, y promover un sector que pueda ser competitivo a nivel mundial. Desde 2005, cuando se hicieron efectivos los mandatos de mezcla con etanol, la producción ha pasado de 27 millones de litros a 337 millones de litros, ha aumentado la superficie sembrada de caña de azúcar y se han generado nuevos empleos en zonas rurales (García y Calderón, 2012).

El objetivo general de esta tesis fue evaluar los impactos ambientales potenciales de la producción de bioetanol de la caña de azúcar utilizando la metodología de análisis de ciclo de vida en el Ingenio Risaralda S.A.; el presente estudio utilizó la herramienta informática denominada SimaPro versión 8.2, y se siguieron las recomendaciones de la NTC ISO 14040:2007. Se usó la metodología de puntos intermedios desde una perspectiva jerárquica ReCiPe Midpoint (H), y se seleccionó porque es una metodología reciente (publicada en el año 2008), considerada como la sucesora de otros métodos (se desarrolló para combinar las ventajas de ellos como son: la solidez científica de CML2001 y la facilidad de interpretación de Eco-Indicator99). Es una metodología científica e internacionalmente aceptada, que está enmarcada en el ámbito europeo.

La tesis doctoral fue dirigida por el Ph.D Jorge Augusto Montoya, docente de la Universidad Tecnológica de Pereira, y apoyada en la información necesaria desde la organización del estudio de caso por el Jefe de Gestión Ambiental, el Administrador Ambiental Gustavo Adolfo Marín del Río. Se realizó una pasantía de investigación en el sitio de estudio, para la captura de información primaria del inventario de ciclo de vida (el trabajo de campo, que duró entre el 1 de marzo al 30 de noviembre del año 2016). Para asumir el estudio, se realizó el Diplomado En Gestión Del Ciclo De



Vida en el Centro de Análisis de Ciclo de Vida y Diseño Sustentable, CADIS. México, en el año 2016; el resultado del mismo fue una revisión crítica (académica) al estudio, que se puede verificar en el Anexo 1.

El presente documento está estructurado en nueve capítulos, de la siguiente manera: El Capítulo 1 es el introductorio, en el cual se contextualiza y justifica el tema de la tesis, y se presenta el objetivo general y los específicos. En el Capítulo 2 se presenta el marco de referencia del proyecto, que contiene el marco teórico donde se abordan temas como los Biocombustibles; el Cultivo de caña de azúcar en el valle geográfico del río Cauca; El desarrollo sostenible, el crecimiento verde y la relación con el Análisis de Ciclo de Vida (ACV); el Análisis de Ciclo de Vida (ACV); Estudios de Análisis de Ciclo de Vida en relación a la producción de etanol y la Responsabilidad Social Empresarial; también se aborda el marco contextual que presenta las Generalidades del valle geográfico del río Cauca y las del ingenio del estudio de caso; finalmente, se presenta el marco legal. El Capítulo 3 presenta el marco metodológico. En el Capítulo 4 se describe la percepción de los grupos de interés del Ingenio del caso de estudio. En el Capítulo 5, se presentan los resultados del Análisis de Ciclo de Vida para el bioetanol producido en el Ingenio estudiado, con alcance de la cuna a la puerta. El Capítulo 6 muestra el análisis de sostenibilidad del Ingenio. Finalmente, en el Capítulo 7 se sintetizan las conclusiones de la tesis, en el Capítulo 8 se presentan algunas recomendaciones generales y en el Capítulo 9 se consolidan las referencias bibliográficas.

## **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Las reservas de combustibles fósiles se están agotando, el calentamiento global se está convirtiendo en una realidad, el reciclado de residuos es cada vez mayor, más costoso y problemático, y el inexorable crecimiento de la población requiere más energía y alimentos. Frente a este panorama, la producción de los biocombustibles surge como una solución a muchos de los problemas socio-económico-ambientales actuales. En particular, la caña de azúcar es una especie desde la cual el bioetanol se produce eficientemente en el mundo (BNDES y CGEE, 2008).

En la actualidad el uso de bioetanol es un tema importante en el mundo, porque es una forma de disminuir la dependencia hacia los combustibles fósiles y es una manera efectiva de contribuir a la reducción del impacto ambiental que ellos generan (Gnansounou, Dauriat, Villegas, y Panichelli, 2009; Montoya R., Quintero S., Sánchez T, y Cardona A., 2006).

En el numeral 3 (Términos y definiciones), de la Norma Técnica Colombiana NTC ISO 14040:2007 se identifica que el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) se define como la recopilación y evaluación de las entradas, las salidas y los impactos ambientales potenciales de un sistema del producto a través de su ciclo de vida (ICONTEC, 2007). El estudio de artículos como Cherubini y Stromman, 2011, Gnansounou, Dauriat, Villegas, y Panichelli, 2009, Von Blottnitz y Curran, 2007 y Larson, 2006 que realizan una revisión del tema de Análisis de Ciclo de Vida sobre sistemas de biocombustibles líquidos para el sector del transporte, plantean que para la sostenibilidad del medio ambiente los resultados se discuten en tres categorías: 1) Reducción de la dependencia de los combustibles fósiles a través de las evaluaciones del equilibrio energético; 2) Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI); y 3) Reducción de los impactos ambientales y de salud en todo el ciclo de vida.

En Colombia, las razones expuestas anteriormente han llevado a considerar el bioetanol producido de recursos agrícolas propios del país como la caña de azúcar, una solución viable para sustituir parte de las importaciones de gasolina y mejorar la calidad del aire de las ciudades (Acosta, Cala y Bendeck, 2003).

El consorcio CUE (Universidad Pontificia Bolivariana, Centro Nacional de Producción Más Limpia y EMPA para el Ministerio de Minas y Energía), realizó una evaluación del impacto promedio ambiental de los combustibles en Colombia para el año 2009 (BID y Ministerio de Minas y Energía, 2012), para el cual los límites del sistema comprendieron la cadena completa de los biocombustibles, desde la producción de las materias primas agrícolas hasta el uso de los biocombustibles en un automóvil, incluyendo los pasos intermedios y la construcción, mantenimiento y reciclaje / disposición de infraestructura, incluyendo los edificios y carreteras; el mismo concluyó que el etanol producido en Colombia a partir de la caña de azúcar reduce en un 74% las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) comparado con la gasolina fósil, sin considerar cambios directos e indirectos en el uso del suelo. Este buen balance se relaciona con las emisiones relativamente bajas, las buenas prácticas y las condiciones climáticas favorables en el área principal de cultivo de la caña de azúcar en Colombia, a lo largo del río Cauca, lo que resulta en una alta productividad y eficiencia de los recursos.

### **1.1.1 Preguntas de investigación**

¿Cuál es la percepción de los grupos de interés del ingenio del estudio de caso, respecto a la gestión de la Organización en las temáticas ambientales?

¿Cuáles son los impactos ambientales potenciales, para la producción de bioetanol en el área de influencia del ingenio del estudio de caso, desde un ACV con alcance de la cuna a la puerta, para el año 2015?

¿Cuál es la situación de sostenibilidad del ingenio del estudio de caso, para el año 2015?

## **1.2 JUSTIFICACIÓN**

Al analizar la información de la base de datos estadísticos corporativos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAOSTAT) sobre la producción mundial de caña de azúcar entre los años 2007 a 2017, se evidencia que los mayores productores son, en su orden, Brasil, India, China y Tailandia; Colombia ocupó el séptimo lugar, excepto en los años 2007, 2008 y 2017 que ocupó el octavo lugar (FAOSTAT, 2019).

Según Serna, Barrera y Montiel (2011), la caña de azúcar es la principal fuente de etanol ya sea a partir del jugo de caña o de los subproductos de la industria azucarera. Biofuel Digest (2018) hizo una compilación de países que obligatoriamente mezclan etanol con gasolina; en América, Brasil se destaca al agregar un 27% de etanol, seguido de Paraguay con 25% de mezcla (E25), luego EE. UU con 15% (E15), Argentina con 12% (E12) y Uruguay, Colombia, Bolivia, Panamá y Jamaica agregan 10% (E10) de etanol a la gasolina, además de otros países que mezclan más

pequeñas cantidades. En América Latina, Colombia es el segundo país líder en la producción de bioetanol después de Brasil (Arango Sanclemente, S., Yoshioka Vargas, A. M., & Gutiérrez Rincón, V. A., 2011).

En Colombia, la producción de etanol se estableció en el valle geográfico del río Cauca, donde seis (6) ingenios azucareros (Incauca, Providencia, Riopaila, Manuelita, Mayaguez y Risaralda) adoptaron la estrategia de producción dual (azúcar y sus derivados y etanol), que consiste en fermentar parte de las mieles que se utilizan en el proceso de refinación del azúcar - hasta este punto los dos procesos son compartidos- y son desviadas hacia los fermentadores de la destilería para producir el etanol (actualizado por el autor a Rincón, 2013). Además, en Puerto López, Meta, está ubicada la planta de Bioenergy "El Alcaraván", con capacidad para producir hasta 504.000 litros diarios de etanol; el 18 de marzo de 2017, inició la producción continua de etanol (el proyecto se constituyó en el año 2010) (Bioenergy, 2017).

Entre los principales retos de esta industria en materia ambiental se destaca la preservación del recurso hídrico como factor insustituible en los procesos productivos de las empresas (Arango Sanclemente, S., Yoshioka Vargas, A. M., & Gutiérrez Rincón, V. A., 2011). El riego en el cultivo de la caña de azúcar es un aspecto fundamental del proceso productivo, de allí que sea una práctica rutinaria en el valle geográfico del río Cauca y cerca del 95% del área cultivada recibe riego suplementario. El consumo total de agua del cultivo en los distintos países varía en forma muy amplia, debido a las diferencias en los ciclos de cultivo. Por lo general, en el 48% del área sembrada se utilizan únicamente fuentes de agua superficiales, mientras en el 16% sólo se utiliza agua de fuentes subterráneas y estas se complementan con la construcción de reservorios que almacenan agua superficial y agua extraída de los pozos. En los procesos productivos se generan dos tipos de vertimientos líquidos: i) los provenientes de la refrigeración de equipos, recuperados en piscinas o torres de enfriamiento para retornar posteriormente al proceso, y ii) las aguas residuales industriales, que por sus características bioquímicas no pueden reutilizarse (ASOCAÑA, 2011<sub>2</sub>).

Otro tema importante, es la práctica agrícola de la quema de la caña de azúcar que se adoptó en Colombia en la mitad de la década de los setenta con el objeto de facilitar el corte, reducir las plagas del cultivo que pueden convertirse en amenaza para otros cultivos, eliminar malezas, reciclar nutrientes al suelo, aumentar la eficiencia del transporte y del cortero y favorecer el procesamiento de la caña al introducir menos materia extraña a la fábrica (Pérez y Álvarez, 2009).

No se puede obviar, en el tema de la generación del etanol, un residuo que se conoce como vinaza y que en Colombia se presenta en una proporción de 1 a 3 litros de vinaza por litro de alcohol. Estos residuos pueden ser utilizados para el mejoramiento de tierras como abono (Rosas et al., 2008), o en el caso de una destilería de etanol diversificada, las vinazas se utilizan para la producción de biogás en un digestor anaeróbico (Zumalacárregui et al, 2008). La producción de bioetanol con caña de azúcar en Colombia se ha incrementado por la necesidad de utilizar combustibles alternativos, que sean más amigables con el ambiente, los cuales no generen grandes cantidades de emisiones de Dióxido de Carbono a la atmósfera o por lo menos absorban durante su fase de producción, la misma cantidad de Dióxido de Carbono que generan en el momento de la combustión. El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) constituye hoy en día una de las principales herramientas para valorar el desarrollo sostenible de las distintas producciones y servicios.

La presente tesis, aplica esta metodología para cada una de las etapas de la producción de biocombustibles de la caña de azúcar en el área de influencia del Ingenio del caso de estudio. Es importante resaltar que la base de datos con la que se entregan los resultados de este estudio, fue aprobada por el Ingenio, avalada por el Centro de Investigación de la Caña de Azúcar (CENICANA) y tuvo una revisión crítica (académica) por parte del Centro de Análisis de Ciclo de Vida y Diseño Sustentable CADIS (ver Anexo 1). Los factores determinantes para realizar la investigación en el ingenio del estudio de caso fueron:

Es una Organización dedicada a la transformación y el aprovechamiento integral de la caña de azúcar, y para la cual, una de sus cuatro unidades de negocio es el alcohol carburante que es el objeto de estudio de la presente investigación.

La Universidad Tecnológica de Pereira (UTP) y el ingenio del estudio de caso tienen establecido un Convenio Marco de Cooperación Interinstitucional, que permitió el desarrollo de la presente investigación; para lo cual, luego de un largo proceso de gestión interinstitucional, se firmó un Convenio Específico de Cooperación Interinstitucional para el Desarrollo de una Pasantía con una total disponibilidad de información por parte de la Organización.

La investigación del Análisis de Ciclo de Vida de la producción de etanol es de vital importancia, ya que permite analizar el desarrollo sustentable dentro del proceso productivo de un ingenio dual colombiano.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 Objetivo general**

Evaluar los Impactos Ambientales Potenciales de la Producción de Bioetanol de la Caña de Azúcar, utilizando la Metodología de Análisis de Ciclo de Vida. Estudio de Caso: Ingenio Risaralda S.A.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

Conocer la percepción de la Responsabilidad Social Empresarial, en el componente ambiental, de las partes interesadas del Ingenio Risaralda S.A.

Desarrollar la metodología de Análisis de Ciclo de Vida para el bioetanol producido en el Ingenio Risaralda S.A., con alcance de la cuna a la puerta, para el año 2015.

Evaluar la sostenibilidad ambiental del Ingenio Risaralda S.A., para el año 2015, en concordancia con los resultados anteriores.

## **2 MARCO DE REFERENCIA**

### **2.1 MARCO TEÓRICO**

#### **2.1.1 Biocombustibles**

Según el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2006, los combustibles líquidos, sólidos o gaseosos que se extraigan de biomasa son considerados como biocombustibles.

Existen varios tipos de biocombustibles, que según Álvarez, 2009, se clasifican por generaciones, así: aquellos que se extraen de materias primas como la caña de azúcar se reconocen como de primera generación; los extraídos de residuos agrícolas y desechos de madera son los de segunda generación; los de “cultivos energéticos” (pastos perennes, árboles y plantas de crecimiento rápido, y las algas verdes y verdeazules) son los de tercera generación y los de cuarta generación, se extraen de bacterias genéticamente modificadas.

##### **2.1.1.1 Biocombustibles en Colombia**

Con la aprobación de la Ley 693 del año 2001 se definió desde el gobierno y en convenio con ASOCAÑA iniciar en Colombia la producción de etanol anhidro (bioetanol), estrategia para la expansión y diversificación de la industria azucarera, dentro del Programa de “Oxigenación de la gasolina” (Rincón, 2013). Ésta ley estableció la obligatoriedad de mezclar 10% de bioetanol con las gasolinas (Ministerio de Minas y Energía, 2001). La ley tuvo como propósito principal la diversificación de la canasta energética colombiana desde el uso de alternativas compatibles con el desarrollo sostenible, en lo ambiental, lo económico y lo social con criterios como sostenibilidad ambiental, mejoramiento calidad de los combustibles, desarrollo agroindustrial, generación de empleo, desarrollo agrícola y abastecimiento energético (Unidad de Planeación Minero Energética, 2009).

En el estudio del Banco Interamericano de Desarrollo y el Ministerio de Minas y Energía, del 2012 se concluyó que el bioetanol y el biodiesel colombianos cumplen con estrictos patrones de sostenibilidad y reducen las emisiones de gases efecto invernadero en 74% para el caso del bioetanol y 83% para el biodiesel. El estudio evidencia además que Colombia, con una capacidad instalada para producir 8 mil barriles diarios de etanol y 10 mil barriles diarios de biodiesel, tiene un gran potencial para convertirse en líder mundial en producción de biocombustibles (FedeBiocombustibles, 2013).

##### **2.1.1.2 Etanol como biocombustible**

Desde el origen de los motores de combustión interna, el uso de alcoholes como carburantes es un tema que nunca se ha abandonado y que actualmente se retoma por la posibilidad de los alcoholes de contribuir a reducir los problemas ambientales de contaminación, y el efecto invernadero. Además, la escasez de productos petrolíferos en épocas de guerras y crisis económicas, ha motivado la producción y aplicación de alcoholes a motores (Montoya y Quintero, 2005).

Las gasolinas son compuestos conformados por moléculas de carbonos e hidrógenos; de allí que se les identifique con la denominación genérica de hidrocarburos. En los motores la mezcla de gasolina con oxígeno de aire ocurrida en el carburador quema de manera imperfecta, lanzando al aire, gases, principalmente bióxido y monóxido de carbono que, junto con otros hidrocarburos no quemados, contribuyen a crear el smog y el llamado efecto de invernadero, que está provocando el cambio climático. Para mejorar la combustión interna en los motores y reducir la producción de gases de invernadero, se le agregan a las gasolinas compuestos oxigenantes, algunos de los cuales son de origen químico como el metil-ter-butil-eter (recientemente prohibido por contaminante de las aguas del subsuelo en los Estados Unidos y Japón), y otros, como el etanol de origen en la biomasa (en particular de la caña de azúcar, la yuca, la remolacha, el maíz, etc.), cuyo uso se ha venido incrementando de manera acelerada en el mundo. Las gasolinas con el agregado de oxigenantes, es llamada gasolina oxigenada (FedeBiocombustibles, 2004).

El alcohol carburante o bioetanol, es un biocombustible de primera generación (Ministerio de Minas y Energía, 2003).

Como lo presenta el estudio del Banco Nacional de Desarrollo Económico y Social (BNDES) y el Centro de Gestión y Estudios Estratégicos (CGEE), (2008), el bioetanol es una sustancia con fórmula molecular  $C_2H_6O$ , que puede ser utilizada como combustible en motores de combustión interna con ignición a chispa (ciclo Otto) de dos maneras, básicamente: 1) en mezclas de gasolina y etanol anhidro; o 2) como etanol puro, generalmente hidratado. Normalmente, los límites legales de emisión para vehículos se cumplen totalmente, y los beneficios resultantes del uso del etanol son un hecho bastante conocido.

Es interesante observar que la motivación básica para la adición de bioetanol en la gasolina de diversas regiones de Estados Unidos, desde los años 1990, fue exactamente la mejora de la calidad del aire, asociada a la oxigenación promovida por el etanol (Yacobucci y Womach, 2002).

Las materias primas más comunes para la producción de bioetanol de primera generación son cultivos alimenticios como la caña de azúcar, el maíz, el trigo etc. El proceso de producción de bioetanol involucra una fermentación por parte de microorganismos que degradan los azúcares derivados de la biomasa a etanol. Esta conversión tiene dos pasos claves: hidrólisis y fermentación. En el proceso de hidrólisis, se produce la transformación de los polímeros en estructuras de menor peso molecular y en los monómeros correspondientes. Una vez liberados los azúcares éstos son fermentados a etanol (Gray, Zhao y Emptage, 2006). Las levaduras usadas para producir bioetanol están compuestas de una mezcla de enzimas invertasas (para transformar la sacarosa en glucosa y fructosa) y levaduras tipo zimazas que fermentan esos azúcares a etanol y  $CO_2$ .

#### 2.1.1.3 Producción de bioetanol de caña de azúcar

La caña de azúcar es una planta semiperenne con ciclo fotosintético de tipo  $C_4$ , perteneciente al género *Saccharum*, de la familia de las gramíneas, compuesta por especies de gramas altas perennes, oriundas de regiones templadas calientes a tropicales de Asia, específicamente de India. La parte aérea de la planta se compone, esencialmente, por los tallos, en los que se concentra la sacarosa, y por las puntas y hojas, que constituyen la paja de la caña de

azúcar (Banco Nacional de Desarrollo Económico y Social (BNDES). Centro de Gestión y Estudios Estratégicos (CGEE), 2008).

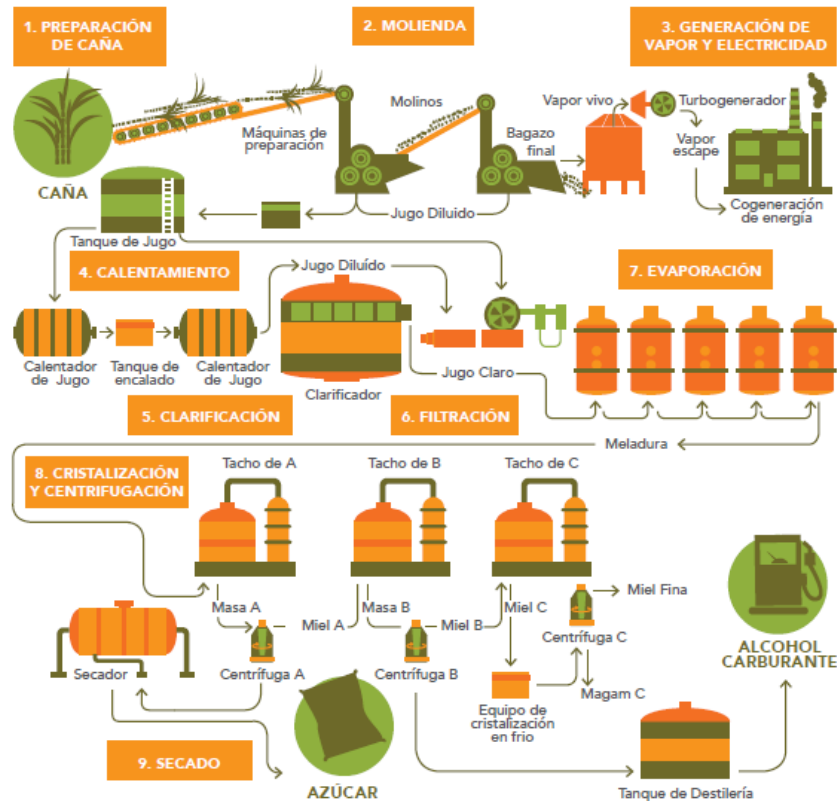
Tradicionalmente la caña de azúcar ha estado vinculada a la agroindustria artesanal (trapiche panelero) o tecnificada (ingenio azucarero o fábricas de etanol), siendo su destino principal la producción de sacarosa para el consumo humano. La planta de caña está constituida por una fracción soluble de azúcares y otra insoluble de compuestos estructurales como son la celulosa, hemicelulosa y lignina (Sarria, 1990).

Para la producción de bioetanol se emplea la transformación de azúcares en etanol y subproductos como el dióxido de carbono y energía, efectuada por microorganismos a través de enzimas presentes en ellos o agregadas en el proceso. Esta fermentación es anaeróbica, es decir, sin oxígeno. Las levaduras son los microorganismos que más se utilizan en la obtención de bioetanol, pero también pueden emplearse hongos y bacterias (Orjuela, Ramírez, y Linares, 2010).

Las ventajas de la caña de azúcar como materia prima para la producción de biocombustibles en Sudamérica, son (Ganduglia, 2009):

- Agronómicamente, se destaca por su adaptabilidad en casi todos los tipos de suelos y su alto aprovechamiento de la radiación solar, posee varios ciclos productivos, admite el intercalamiento y responde con eficiencia a la fertilización y el riego.
- Su elevado rendimiento potencial de alcohol por hectárea en comparación con los cereales y otras alternativas, implica un menor requerimiento de tierra y, consecuentemente, mayor eficiencia en la distribución de este recurso entre producción de alimentos y de agro energía.
- Su disponibilidad inmediata en la mayoría de los países de la región, lo cual implica garantía de oferta para la producción de bioetanol.
- La amplia experiencia y conocimiento en el cultivo existente en la región.
- La existencia de una agroindustria consolidada en casi todos los países de la región y, en particular, el know how de la industria azucarera en procesos de fermentación, destilación y manejo del alcohol.
- Tecnológicamente, el proceso de producción de etanol de caña de azúcar es más simple que el de etanol de cereales.
- El bioetanol de caña de azúcar presenta menores costos de producción con respecto al elaborado de cereales.
- Impacto favorable en economías regionales, dada la gran incidencia económica y social en diversas regiones de los países considerados, tales como la región Centro-Sur de Brasil, los valles y pueblos de la costa norte peruana, la región del Noroeste argentino o el valle del Cauca en Colombia, por citar algunos ejemplos representativos.
- Desde el punto de vista de la eficiencia energética y ambiental, dada la gran capacidad de la caña para acumular la energía solar, el balance energético y el balance ambiental del bioetanol de caña es mucho más elevado que el de etanol elaborado con cereales.
- Casi toda la planta puede ser aprovechada para la generación de bioenergía: el tallo contiene principalmente jugo (con contenidos de azúcares que pueden transformarse en etanol por fermentación directa), sales minerales y almidón, entre sus principales constituyentes; contiene fibra que, al extraerse el jugo puede servir como combustible para generar vapor en calderas apropiadas y energía eléctrica (bagazo); las hojas y el despunte de la planta pueden ser a también empleados para generar vapor si se queman en calderas bagaceras.

- El bagazo de caña, representa posibilidades sumamente auspiciosas para ser utilizado como materia prima de bioetanol de segunda generación. Ello permitiría a la cadena regional del bioetanol contar con la posibilidad de una transición equilibrada desde los biocombustibles de primera generación hacia los de segunda generación, basada en la transferencia de habilidades distintivas desarrolladas endógenamente.



**Figura 1. Esquema del proceso de obtención de etanol de caña con la tecnología colombiana.**  
Fuente: Ingenio Risaralda S.A. (2015). Informe de Sostenibilidad del Ingenio Risaralda S.A. Ingenio Risaralda S.A., Balboa, Risaralda.

### 2.1.2 Cultivo de caña de azúcar en el valle geográfico del río Cauca

Durante el siglo XX comenzó la industrialización de Colombia, amparada por normas proteccionistas, por las crisis del mercado internacional y las guerras mundiales. La súbita ampliación del mercado del azúcar permitió la fundación de los ingenios industriales, esta vez por las familias de hacendados y comerciantes, en Cundinamarca, Nariño y Tolima, pero fue en el Valle del Cauca donde las empresas azucareras registraron el mayor éxito, dadas las ventajas comparativas de sus haciendas, especialmente las proporcionadas por la calidad de los suelos (Comisión Pastoral de la Tierra y Red Social de Justicia y Derechos Humanos, 2007).

La Guía ambiental para el Subsector Caña de Azúcar (2002), describe que la caña de azúcar *Sacharum officinarum* se compone de 12 especies de gramíneas autóctonas del viejo mundo en especial del Sur Este Asiático. Es un pasto perenne que puede durar varias décadas produciendo.



El período vegetativo oscila entre uno y dos años dependiendo de la variedad y características de la zona donde se encuentre. En Colombia, por las condiciones climáticas tropicales propias del valle geográfico del río Cauca, se cosecha cada 12 a 14 meses en promedio.

La industria azucarera colombiana está ubicada en el valle geográfico del río Cauca, entre tres y cinco grados de latitud norte, en los departamentos de Cauca, Valle del Cauca, Risaralda, Quindío y Caldas. El valle es angosto (entre 76°22' y 75°31' de longitud oeste) y posee 430 mil hectáreas planas con una altura sobre el nivel del mar de mil metros en promedio. Posee una precipitación media de 1600 mm por año. La oscilación media diaria de temperatura es de 11 ° C (entre el día y la noche). No registra periodos de zafra, es decir se puede producir durante todo el año (CENICAÑA, s.f1).

#### 2.1.2.1 Desarrollo histórico de la industria azucarera en el valle geográfico del río Cauca

El análisis de los documentos de ASOCAÑA (s.f2), Patiño (1969), CNP (2002), Sánchez (2008), Zuluaga (2009), Cortes (2010), Arango, Yoshioka y Gutiérrez (2011), Delgadillo (2014), Giraldo, R. (2014), Jaramillo, Londoño, y Sánchez (2015). y Marín, Ortiz y González (2015), permitió consolidar la evolución histórica de la industria azucarera en Colombia, que se presenta en la Tabla 1.

**Tabla 1. Evolución histórica de la industria azucarera en Colombia**

ETAPA	AÑO	MOMENTOS HISTÓRICOS
Agrícola (Siglos XV al XIX)	1533	Pedro de Heredia quien es el fundador de Cartagena, por la Costa Atlántica trajo la caña de azúcar a Colombia.
	1541	El fundador de Santiago de Cali, Sebastián de Belalcázar, en su estancia en Yumbo, plantó la caña de azúcar en el Valle del Cauca.
	1550 - 1588	Se fundaron tres ingenios a orillas del río Amaime y desde esta región se envió azúcar y miel a Panamá
	1700	Se incrementó el uso de derivados de la caña para la fabricación de aguardiente
	1721	33 trapiches en funcionamiento en el Valle del Cauca.
	1772	Se fundaron fábricas del licor (reales) en diversas ciudades del país.
	1802 - 1808	Durante su visita a Colombia el sabio alemán, Alexander Humboldt, recomendó a los hacendados vallecaucanos la variedad Tahití u Otahití la cual fue introducida al Valle del Cauca y se esparció por el territorio colombiano.
	1867	Al aumentar la demanda, el Ingenio Manuelita estableció un molino horizontal de tres mazas en hierro movido por agua, que trae alambique de bronce y equipo para rectificación de aguardiente.
	1883	Empezó la fabricación de trapiches de hierro en la ferretería de Pacho
	1892	Se produjo azúcar centrifugado en el Ingenio Berasqui en Cienaga de Oro.
Industrialización (1900-1945)	1901	El 1 de enero de 1901, se inauguró en Palmira la fábrica de azúcar blanco granulado, del hoy Ingenio Manuelita.
	1915	El ferrocarril había llegado a Cali desde Buenaventura, y en 1917 a Palmira y avanzó con celeridad hacia Cartago y Popayán. Se dinamizó el intercambio de mercancías, la movilización de gentes y la trasculturización de costumbres. Se articularon entre sí los distintos circuitos y se acentuó para la comarca una vocación exportadora a otros mercados que se había iniciado desde finales del siglo XIX con exportaciones internacionales de café e internas de tabaco a Antioquia.

ETAPA	AÑO	MOMENTOS HISTÓRICOS
Desarrollo del sector (1950 - 2002)	1926	Se fundó el actual Ingenio Providencia, con capacidad de molienda de 500 toneladas de caña en 24 horas, por gestión de Modesto Cabal Galindo.
	1927	Inicia actividades la Granja Experimental de Palmira que estaba encargada de la investigación biológica y agrícola en general.
	1928	Empezó la producción del Ingenio Riopaila, por obra de Hernando Caicedo.
	1929	Llega a Colombia la misión puertorriqueña dirigida por Charles Chardon, que realizó el estudio “Reconocimiento Agropecuario del Valle del Cauca”
	1930 - 1939	Aparecieron en el Valle del Cauca los ingenios, Mayagüez por decisión de Nicanor Hurtado; Bengala de José Mejía; Perodías de los hermanos Restrepo Plata; la Industria de Francisco Caldas y María Luisa de Ignacio Posada. La comarca se convertía en la de mayor producción de azúcar centrifugado de Colombia. El país era todavía importador de azúcar.
	1940 - 1949	Nuevos empresarios montaron ingenios.
	1952-1953	Ya había 22 ingenios azucareros en el valle geográfico del río Cauca.
	1953	Manuelita S.A., marca el inicio de la fase de desarrollo agroindustrial con el montaje de una fábrica de refinación de azúcar, la cual supera su capacidad productiva en 2.500 toneladas día, manteniéndose indiscutiblemente como el ingenio de punta.
	1957	La industria azucarera requería ya de una entidad gremial que actuara como interlocutora de todos los ingenios, ya que tenían los mismos intereses, comerciaban los mismos productos y estaban ubicados en la misma zona geográfica.
	1959	Inauguración de ASOCAÑA.
	1950 - 1959	Se fundan los ingenios Sicarare, El Naranjo, Santa Cruz, Cauca, Central Tumaco, Balsilla, La Cabaña, La Quinta, Buchiloto y se introduce el control biológico de plagas de la caña.
	1960 - 1969	Hubo una gran expansión azucarera. En 1961 se crea el INCORA y en 1962 el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Inició actividades COLMIELES como exportadora de azúcares y mieles; su nombre cambia después por CIAMSA.
	1976	El Estado creó en 1976 el Departamento Nacional de Planeación (DNP).
	1977	Se constituyó CENICANA como una corporación privada de carácter científico y tecnológico sin ánimo de lucro, de duración indefinida, con sede en Palmira. En el mismo año se fundó Tecnicaña.
	1978	El Ingenio Risaralda S.A. estableció molienda ( <i>la compilación del desarrollo histórico del Ingenio Risaralda S.A., se encuentra en el marco contextual del presente proyecto</i> ).
	1980 - 1993	Se extendió la variedad Mayagüez 74-275. Se inició la evaluación comercial de variedades promisorias de CENICANA. Se desplegó una acción social en la zona azucarera, en temas de recreación, salud, educación, cultura y se intensificaron los programas ambientales.
	1995	Se reunió en Colombia el XXII Congreso Mundial de la ISSCT (Sociedad Internacional de Técnicos Azucareros)
	1996	Se suscribió el convenio para la producción limpia con el Ministerio del Medio Ambiente. Se fundó Incauca Energía S.A. para la generación y venta de energía y vapor de agua
	2000	Se creó el fondo de estabilización de precios del azúcar

ETAPA	AÑO	MOMENTOS HISTÓRICOS
Especialización del sector (2002 a la fecha)	2002	Se consolidó la Red Meteorológica Automatizada a lo largo del Valle del Cauca. El Ministerio del Medio Ambiente elaboró la Guía Ambiental para el Sector Azucarero
	finales de 2005	Como respuesta a la ley 693 de 2001 que obliga oxigenar la gasolina vehicular con 10% en volumen de alcohol carburante producido de biomasa, los ingenios Mayagüez, Providencia, Incauca, Risaralda y Manuelita establecieron destilerías para producir etanol.
	2015	El ingenio Riopaila estableció destilería para producir etanol.

Fuente: Consolidado por el autor, 2017.

### 2.1.3 Desarrollo sostenible, crecimiento verde y relación con el análisis de ciclo de vida (ACV)

La visión de desarrollo sostenible inicia en junio de 1972, con la celebración en Estocolmo de la Primera Reunión Mundial sobre Medio Ambiente, llamada Conferencia sobre el Medio Humano (PNUMA, 2002). La Unión Internacional sobre la Conservación de la Naturaleza (UICN), en 1980, dio a conocer la Estrategia Mundial de Conservación, la cual analizaba la sostenibilidad en términos ecológicos, con poco énfasis en el desarrollo económico (IUCN, UNEP y WWF, 1980).

En 1987, la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (WCED) publicó el documento llamado Nuestro Futuro Común, que planteó la necesidad que las personas cambiaran el estilo de vida, porque de continuar así, las consecuencias para la estabilidad humana y ecológica eran inminentes. Se definió entonces el concepto de Desarrollo Sostenible que dice que "el desarrollo sostenible es el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas" (UN, 1987).

En la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo (Cumbre de Río o de la Tierra) realizada en 1992 en Río de Janeiro, Brasil, la Organización de las Naciones Unidas estableció una Agenda (o Programa 21 en referencia al Siglo XXI) para promover el Desarrollo Sostenible. El Principio 8 de la Agenda establece que: "Para lograr un desarrollo sostenible y una mayor calidad de vida para sus pueblos, los Estados deberán reducir y eliminar los patrones insostenibles de producción y consumo y promover políticas demográficas apropiadas", en donde se observa la importancia de considerar mejoras no sólo en la producción de bienes y servicios sino también en el consumo y la disposición de éstos (Suppen, 2007).

Finalizando 1990, el PNUMA en asociación con la SETAC, ha fortalecido de varias maneras el rol de los enfoques basados en el ciclo de vida. Dos ejemplos son las contribuciones de esta alianza al Proceso de Marrakech sobre Consumo y Producción Sostenible (CPS), y el aporte de varios elementos para el desarrollo del Marco de Programas de 10 años para el CPS (denominado 10YFP, por sus siglas en inglés) (Finkbeiner, Schau, Lehmann y Traverso, 2010).

Con la Ley 164 de 1994, Colombia aprobó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. En 2002 se llevó a cabo la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible en Johannesburgo, que planteó nuevamente como grandes problemas a resolver: la

pobreza, pautas insostenibles de producción y consumo y la protección y ordenación de la base de recursos naturales para el desarrollo social y económico. Uno de los resultados de esta reunión, es un Plan de Implementación para cambiar los patrones no sustentables de consumo y producción. Entre los elementos principales del plan hay un llamado para: “mejorar los productos y servicios a la vez que se reducen los impactos en salud y medio ambiente, usando donde sea apropiado, modelos científicos como el Análisis de Ciclo de Vida (ACV)” (UN, 2002).

En 2012, se llevó a cabo la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible que se celebró en Río de Janeiro; las conversaciones oficiales se centraron en dos temas principales: cómo construir una economía ecológica para lograr el desarrollo sostenible y sacar a la gente de la pobreza, y cómo mejorar la coordinación internacional para el desarrollo sostenible (UN, 2012). La Conferencia dio como resultado el documento denominado “El futuro que queremos”.

El 25 de septiembre de 2015, los líderes del mundo se reunieron en el marco de la Asamblea General de las Naciones Unidas, en Nueva York, para aprobar la renovación de la Agenda para el Desarrollo Post 2015 y fueron aprobados los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) a 2030, que establecieron las prioridades en materia de desarrollo global; se aprobaron 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible con 169 metas conexas, de carácter integrado e indivisible (UN, 2015). Los objetivos de Desarrollo Sostenible son:

- Objetivo 1. Erradicar la pobreza en todas sus formas en todo el mundo.
- Objetivo 2. Poner fin al hambre, conseguir la seguridad alimentaria y una mejor nutrición, y promover la agricultura sostenible.
- Objetivo 3. Garantizar una vida saludable y promover el bienestar para todos para todas las edades.
- Objetivo 4. Garantizar una educación de calidad inclusiva y equitativa, y promover las oportunidades de aprendizaje permanente para todos.
- Objetivo 5. Alcanzar la igualdad entre los géneros y empoderar a todas las mujeres y niñas.
- Objetivo 6. Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos.
- Objetivo 7. Asegurar el acceso a energías asequibles, fiables, sostenibles y modernas para todos.
- Objetivo 8. Fomentar el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo, y el trabajo decente para todos.
- Objetivo 9. Desarrollar infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible, y fomentar la innovación.
- Objetivo 10. Reducir las desigualdades entre países y dentro de ellos.
- Objetivo 11. Conseguir que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.
- Objetivo 12. Garantizar las pautas de consumo y de producción sostenible.
- Objetivo 13. Tomar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos (tomando nota de los acuerdos adoptados en el foro de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático).
- Objetivo 14. Conservar y utilizar de forma sostenible los océanos, mares y recursos marinos para lograr el desarrollo sostenible.

- Objetivo 15. Proteger, restaurar y promover la utilización sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar de manera sostenible los bosques, combatir la desertificación y detener y revertir la degradación de la tierra, y frenar la pérdida de diversidad biológica.
- Objetivo 16. Promover sociedades pacíficas e inclusivas para el desarrollo sostenible, facilitar acceso a la justicia para todos y crear instituciones eficaces, responsables e inclusivas a todos los niveles.
- Objetivo 17. Fortalecer los medios de ejecución y reavivar la alianza mundial para el desarrollo sostenible.

La economía colombiana es más intensiva en la utilización de recursos, que el promedio de los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), con presiones sobre los recursos naturales ejercida por la industria extractiva, la ganadería extensiva, la urbanización y la motorización (OCDE, ECLAC, 2014, pp.13, 23).

Para Colombia, en el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2014- 2018 “Todos por un Nuevo País”, aprobado por el Congreso de la República a través de la Ley 1753 de 2015, se adoptó el enfoque de Crecimiento Verde (CV). Según la OECD (2011), el crecimiento verde es una estrategia de crecimiento y desarrollo económico que busca asegurar que los activos naturales continúen proveyendo los bienes y servicios que son necesarios para el bienestar humano. Se considera como una vía para el desarrollo sostenible, ya que tiene un enfoque más preciso y especifica una agenda de política para lograr avances concretos y medibles respecto a la interrelación entre la economía y el medio ambiente.

El Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2014- 2018 establece que el Departamento Nacional de Planeación (DNP) en coordinación con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) debe desarrollar una política de crecimiento verde a largo plazo, que armonice los distintos esfuerzos del Gobierno alrededor del crecimiento verde y que esté alineada con los objetivos de desarrollo nacionales, los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), las recomendaciones para acceder a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) y otros compromisos internacionales como la contribución determinada nacionalmente, ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

Para asegurar un desarrollo que cumpla con parámetros de sostenibilidad, que minimice los impactos del cambio climático y que cambie la tendencia del deterioro ambiental, el PND 2014-2018 incluyó los siguientes objetivos:

1. Avanzar hacia un crecimiento sostenible y bajo en carbono.
2. Proteger y asegurar el uso sostenible del capital natural y mejorar la calidad y la gobernanza ambiental.
3. Lograr un crecimiento resiliente y reducir la vulnerabilidad frente a los riesgos de desastres y al cambio climático.

La necesidad de transformar los patrones de producción y consumo, desde prácticas abiertas generadoras de residuos, hacia prácticas cerradas y cíclicas que promuevan el ahorro de recursos e incorporación a la naturaleza (para hacer compatible el progreso con el respeto al medio ambiente), ha requerido de la implementación de sistemas y herramientas de gestión que formalicen métodos de trabajo para establecer mecanismos de control de los aspectos que afectan al medio ambiente,

procurando un proceso de mejora continua desde el punto de vista medioambiental. Ha requerido también de un nuevo enfoque en la evaluación ambiental de procesos y servicios, que sea integral y considere tanto a la producción como al consumo: el enfoque de ciclo de vida (Suppen, Arista y Aguillón, 2013).

Según lo afirma Suppen (2007), los métodos basados en el ACV han mostrado un gran potencial para realizar evaluaciones sólidas de sostenibilidad, ya que a pesar de que tradicionalmente el ACV se ha enfocado a los impactos por contaminación (ACV ambiental), se pueden ahora evaluar impactos socio-económicos, con un Análisis de Ciclo de Vida Económico (White, et.al, 1996) y con el Análisis de Ciclo de Vida Social (O'Brian M., et.al, 1996 y Norris, et.al, 2005).

#### **2.1.4 Análisis de ciclo de vida (ACV)**

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) se define como la herramienta adecuada para la recopilación y valoración de las entradas (materia y energía), salidas (productos, emisiones y residuos) e impactos potenciales de producto o servicio a lo largo de su ciclo de vida (Dufey, 2006).

La metodología de ACV es internacionalmente aceptada para evaluar los impactos ambientales potenciales, que se producen cuando se elabora un producto o proceso, y tiene en cuenta todas las etapas de la vida del mismo. Esta metodología es cuantitativa, lo que permite, de una manera objetiva tomar las decisiones necesarias, lo que la constituye en una poderosa herramienta de gestión (Honty y Gudynas, 2007).

Sánchez, Cardona y Sánchez (2007) definen esta herramienta como un proceso para evaluar las descargas ambientales asociadas con un producto, proceso o actividad, identificando y cuantificando los materiales y la energía utilizada y los residuos liberados al ambiente; para evaluar el impacto del uso de esos materiales y energía y de las descargas al ambiente; y para identificar y evaluar oportunidades para efectuar mejoras ambientales.

Según la Norma Técnica Colombiana NTC ISO 14040:2007 (ICONTEC, 2007), el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es la recopilación y evaluación de las entradas, las salidas y los impactos ambientales potenciales de un sistema del producto a través de su ciclo de vida. Esta, es una aproximación sistemática que consiste en cuatro componentes: definición de objetivos y alcance, análisis de inventario, análisis de impacto e interpretación relacionadas entre sí, como se muestra en la Figura 2:



**Figura 2. Componentes del Análisis de Ciclo de Vida (ACV)**

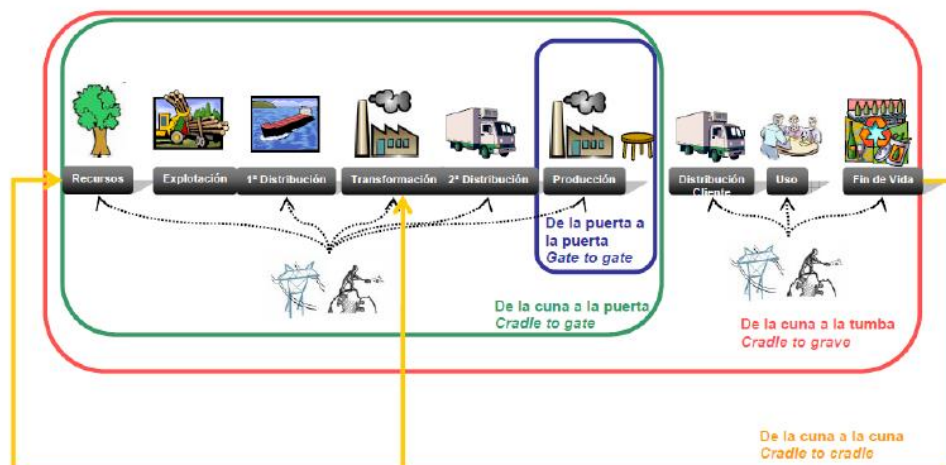
Fuente: Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC). (2007). Norma Técnica Colombiana NTC-ISO14040. Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Principios y marco de referencia. Bogotá.

De acuerdo a la estandarización realizada, se distinguen cuatro fases en un estudio de ACV:

- **Definición de Objetivos y Alcance:** Define el objetivo y el uso previsto del estudio, así como el alcance. Tiene en cuenta los límites del sistema, la unidad funcional y los flujos dentro del ciclo de vida, la calidad exigida a los datos, y los parámetros tecnológicos y de evaluación.
- **Desarrollo del Inventario de Ciclo de Vida (ICV):** Se recogen los datos correspondientes a las entradas y salidas para todos los procesos del sistema de producto.
- **Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida (EICV):** El inventario de entradas y salidas es traspasado a indicadores de potenciales impactos ambientales al medio ambiente, a la salud humana y a la disponibilidad de recursos naturales.
- **Interpretación:** Los resultados del ICV y el EICV son interpretados de acuerdo al objetivo y alcance marcados inicialmente. En esta fase se realiza un análisis de los resultados y se marcan las conclusiones.

Existen cuatro formas de abordar los ACV que delimitan el sistema de estudio y facilitan el cumplimiento de objetivos propuestos (Niederl & Narodslawsky, 2004):

- **ACV de la cuna a la puerta (cradle to gate):** Estudia únicamente las fases de extracción de materias primas, transporte a fábrica y producción, el estudio se concluye cuando el producto se encuentre preparado para su uso.
- **ACV de la cuna a la tumba (cradle to grave):** Examina todas las etapas del ciclo de vida del producto desde la obtención de materias primas hasta la gestión de los residuos al finalizar su vida útil.
- **ACV de la puerta a la puerta (gate to gate):** Inicia cuando las materias primas están listas para entrar en el proceso que culmina con el producto terminado.
- **ACV de la cuna a la cuna (cradle to cradle):** Analiza todas las fases del ciclo de vida del producto, y además incluye la gestión de los residuos al final de la vida y su reutilización como materia prima que reinicia el ciclo.



**Figura 3. Alcance de un ACV**

Fuente: Ihobe, Sociedad pública de gestión ambiental. (2009). Análisis de Ciclo de Vida y Huella de Carbono. Dos maneras de medir el impacto ambiental de un producto. España. Edición IHOBE, Sociedad Pública de Gestión Ambiental. Recuperado en septiembre de 2015 de la web: <http://www.euresp-plus.net/sites/default/files/resource/An%C3%A1lisis%20de%20Ciclo%20de%20Vida%20y%20Huella%20de%20Carbono.pdf>

Existe una amplia variedad de herramientas software disponibles para llevar a cabo un ACV, las cuales tienen como componentes principales y prioritarios la presencia y variedad de bases de datos (BBDD) y de metodologías de Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida (EICV). En la Tabla 2 se presentan varias de las herramientas de ACV disponibles.

**Tabla 2. Algunas herramientas de software para desarrollar ACV genéricos**

HERRAMIENTA INFORMÁTICA	CREADOR	CARACTERÍSTICAS
SIMAPRO	PREConsultants	<a href="http://www.pre-sustainability.com/">http://www.pre-sustainability.com/</a>
GABI	Instituto de ciencia y ensayos de polímeros (IKP) y la Universidad de Stuttgart en colaboración con PE EUROPE GMBH	<a href="http://www.gabi-software.com/">http://www.gabi-software.com/</a>
UMBERTO TEAM	ifu Hamburg GMBH ECOBILAN PRICE WATER HOUSE COOPERS	<a href="http://www.umberto.de/en/">http://www.umberto.de/en/</a> <a href="https://www.ecobilan.com/uk_team.php">https://www.ecobilan.com/uk_team.php</a>
AIST-LCA 4	National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), Japan	<a href="http://unit.aist.go.jp/lca-center/ci/activity/software/nire/nirever4/outline.html">http://unit.aist.go.jp/lca-center/ci/activity/software/nire/nirever4/outline.html</a>
CMLCA 4.2	Leiden University, Institute of Environmental Sciences (CML), Holland	<a href="http://www.leidenuniv.nl/cml/ssp/software/cmlca/">http://www.leidenuniv.nl/cml/ssp/software/cmlca/</a>
E <sup>3</sup> DATABASE V2.3.3	Ludwig Bölkow Systemtechnik GmbH, Germany	<a href="http://www.e3database.com">www.e3database.com</a>
ECODESIGN 1.0	X-PRO Ecomundo, France	<a href="http://wp2.ecodis.org">http://wp2.ecodis.org</a>
EVERDEE 2.0	ENEA, Italian National Agency for New Technology, Energy and the Environment.	<a href="http://www.ecosmes.net">www.ecosmes.net</a>



HERRAMIENTA INFORMÁTICA	CREADOR	CARACTERÍSTICAS
GEMIS 4.42	Oeko Institut (Institute for applied Ecology), Darmstadt Office, Germany	<a href="http://www.gemis.de">www.gemis.de</a>
GREEN-E 1.0 JEMAI LCA PRO 2	Ecointsys – Life Cycle Systems, Switzerland JEMAI, Japan Environmental Management Association for Industry	<a href="http://www.green-e.ch">www.green-e.ch</a> <a href="http://www.jemai.or.jp/english/lca">www.jemai.or.jp/english/lca</a>
REGIS 2.3	Sinum AG, Germany	<a href="http://www.sinum.com/htdocs/e-software_regis.shtml">http://www.sinum.com/htdocs/e-software_regis.shtml</a>
TESPI	ENEA, Italian National Agency for New Technology, Energy and the Environment.	<a href="http://www.ecosmes.net/">http://www.ecosmes.net/</a>

Fuente: Ilobe, Sociedad pública de gestión ambiental. (2009). Análisis de Ciclo de Vida y Huella de Carbono. Dos maneras de medir el impacto ambiental de un producto. España. Edición IHOBE, Sociedad Pública de Gestión Ambiental. Recuperado en septiembre de 2015 de la web: <http://www.euresp-plus.net/sites/default/files/resource/An%C3%A1lisis%20de%20Ciclo%20de%20Vida%20y%20Huella%20de%20Carbono.pdf>

### 2.1.5 Estudios de análisis de ciclo de vida en relación a la producción de etanol

A continuación se hace una relación de estudios a nivel internacional y nacional, que abordan, desde diferentes puntos de vista, el Análisis de Ciclo de Vida del bioetanol.

#### 2.1.5.1 Estudios internacionales

La Tabla 3 presenta la recopilación de estudios que involucran temas de bioetanol de caña de azúcar a nivel internacional.

**Tabla 3. Cronología del desarrollo del Análisis de Ciclo de Vida en bioetanol a nivel internacional**

NOMBRE DEL ESTUDIO	AUTOR	AÑO	PAÍS
Carbon and Energy Balances for a Range of Biofuel Options.	Elsayed, M.A., Matthews, R., Mortimer, N.D.	2003	UK
CO <sub>2</sub> Mitigation Through Biofuels in the Transport Sector: Status and Perspectives.	Quirin M., Gartner S.O., Pehnt M., Reinhardt G.A.	2004	Global
Environmental and Economic Performance of Biofuels	Varela, M., Lago, C., Jungmeier, G., Koenigshofer, K.	2005	Unión Europea
Avaliação do ciclo de vida do álcool etílico hidratado combustível pelos métodos EDIP, Exergia e Emergia.	Ometto, A. R.	2005	Brasil
Well-to-Wheels Analysis of Future Automotive Fuels and Powertrains in the European Context.	CONCAWE	2006	Unión Europea
Bioetanol de caña de azúcar: energía para el desarrollo Sostenible	Banco Nacional de Desarrollo Económico y Social (BNDES).	2008	Brasil

NOMBRE DEL ESTUDIO	AUTOR	AÑO	PAÍS
	Centro de Gestión y Estudios Estratégicos (CGEE).		
Análise do Ciclo de Vida dos Produtos Açúcar & Álcool em Usinas Sucroalcooleira no Estado de Mato Grosso do Sul	Santos, D. T.	2009	Brasil
Propuesta metodológica para la aplicación del análisis de ciclo de vida a la producción de etanol en Guatemala	García, M	2010	Guatemala
Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) do etanol combustível: uma análise econômica, social e ambiental.	Da Silva, S.S.	2012	Brasil
Avaliação do ciclo de vida da produção industrial de etanol e açúcar.	Vilela, F. S. V.	2013	Brasil

#### 2.1.5.2 Estudios nacionales

La Tabla 4 presenta la recopilación de estudios realizados del ACV para el bioetanol de caña de azúcar en Colombia.

**Tabla 4. Estudios que involucran el Análisis de Ciclo de Vida en bioetanol en Colombia.**

NOMBRE DEL ESTUDIO	AUTOR	AÑO
Esquema tecnológico integral de la producción de bioetanol carburante.	Montoya, M. I. Quintero, J. A.	2005
Análisis de ciclo de vida y su aplicación a la producción de bioetanol: Una aproximación cualitativa.	Sánchez, O. Cardona, C. Sánchez, D.	2007
Síntesis de esquemas tecnológicos integrados para la producción biotecnológica de alcohol carburante a partir de tres materias primas colombianas.	Sánchez, O. J.	2008
Análisis del Ciclo de Vida del Bioetanol obtenido a partir de la caña de azúcar	Andrade, L.A.	2009
Análisis de Ciclo de Vida e integración del proceso de producción de bioetanol de segunda generación a partir de bagazo de caña.	Avila, O.A. Suárez, J.A.	2010
Proyecto “Estrategias de energía sostenible y biocombustibles para Colombia ATN/JC-10826-CO y ATN/JF-10827-CO”. “Evaluación del ciclo de vida de la cadena de producción de biocombustibles en Colombia”. Consorcio CUE	Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Ministerio de Minas y Energía.	2012
Assessment of greenhouse gases emissions associated to Colombian Biofuels Lifecycle. (Tesis de maestría en Ingeniería Química).	Valencia, M. J.	2012

NOMBRE DEL ESTUDIO	AUTOR	AÑO
Análisis de ciclo de vida del proceso de producción de bioetanol a partir de bagazo de caña.	Avila, O. Suárez, J. Ojeda, K. Kafarov, V.	2012
Evaluación Ambiental para procesos que usan residuos de la industria de los biocombustibles como materias primas	Valencia, B. Cardona, A.	2013
Análisis del ciclo de vida para la producción de bioetanol en Colombia por medio de OpenLCA	Buitrago, R. y Belalcázar, L. C.	2013

### 2.1.6 Responsabilidad social empresarial

Barrial, Ducoing, Mejía, y Vicente (2013), afirman que la Responsabilidad Social Empresarial (RSE) (también llamada Responsabilidad Social Corporativa (RSC) ó Responsabilidad Social Organizacional (RSO)), es un tema que se ha vuelto relevante para las empresas y la sociedad en general durante las últimas dos décadas. Lozano y Soler (2000), plantean que en los años veinte se produjeron los primeros avances en la construcción de la idea de RSE como práctica organizacional, y lo relacionan con la problemática social que se estaba viviendo desde el modelo liberal o de libre mercado de la época. Carroll, (1999), en su artículo, hace un recorrido por las definiciones de diferentes autores de la RSE desde principios de 1950 hasta finales del siglo 20; afirma que aunque las referencias a la RSE se produjeron antes de la década de 1950, la misma marcó el comienzo de la "era moderna" con respecto a las definiciones de RSE.

En la Tabla 5, se sintetizan algunos de los elementos que han contribuido a la evolución de la RSE y se puede establecer cómo se pasa de acciones de beneficencia que se realizan por diversas motivaciones básicamente religiosas (acciones aisladas realizadas por individuos); pasando por acciones de filantropía, también aisladas, de carácter laico de las organizaciones y se llega a acciones propias de la estrategia empresarial que están ligadas a las políticas de la organización.

**Tabla 5. Elementos de la evolución de la RSE**

TIEMPO	DESCRIPCIÓN
30's	Berle y Means (1932), plantean que la corporación debe comportarse como la mayor institución social. Para Chester Barnard (1938), el propósito de la corporación es servir a la sociedad, el ejecutivo debe pasar ese propósito moral a los empleados
50's	Se planteó el tema de ética empresarial. Se formuló el concepto de la responsabilidad social de la empresa. Se publicó el libro "Social Responsibilities of the Businessman" Bowen en 1953.
60's	En la Declaración de Delhi en 1965, se define el modelo de Teoría de Stakeholder. Desarrollo del Business Ethics como especialidad. Reflexión frente a la Gobernabilidad Corporativa, en cuanto al control de consorcios multinacionales, transparencia y relaciones obrero patronales.
70's	Friedman en 1970 publicó su artículo "The Social Responsibility of Business is to Increase its Profits". Dill en 1975 utiliza el concepto stakeholder como una sombrilla para la gerencia estratégica. Harvard Business School trabaja en un proyecto de RSC denominado el Modelo de RSC. En 1977 la Wharton School empieza un centro de investigación aplicada con el Proyecto Stakeholder. A finales de los años setenta se va consolidando la ética empresarial como especialidad disciplinar.

TIEMPO	DESCRIPCIÓN
80's	En 1981 se publica Business and Professional Ethics Journal, editado por el Centre for Applied Ethics de la Universidad de la Florida. En 1982, se publica el Journal of Business Ethics, revista especializada en el campo de la ética empresarial. En 1987 se creó en Europa la European Business Ethics Network (EBEN). En 1988 se publica el libro "ética y management" de Blanchard y Peale.
90's	Comienza a utilizarse la expresión "Responsabilidad Social Empresarial (RSE)", con la definición actual. En 1991 se publica la revista Business Ethics Quarterly, editada por la Society for Business Ethics. En 1992 se crea la Business Ethics An European Review, editada por la London Business School. Denuncia de New York Times en 1990 de prácticas laborales abusivas de Nike para algunos proveedores indonesios, esto trajo boicots de los consumidores. Protestas de Greenpeace por el hundimiento de Brent Spar en el mar del norte por parte de Shell Oil en 1995
Siglo XIX	Asistencia social, obras de caridad efectuadas principalmente por la iglesia y financiadas a través de donaciones privadas y a requerimientos de orden fundamentalmente ético o religioso, acciones individuales.
Comienzos del siglo XX	La sociedad civil tiene incidencia en el desarrollo de la "filantropía", impulsada voluntariamente por las empresas. En 1919 se presenta la decisión de la Suprema corte del Estado de Michigan en el caso Dodge vs Ford: la organización de negocios debe responder fundamentalmente a los beneficios de los accionistas.
Comienzos del siglo XXI	Los escándalos financieros de Enron, Parmalat y otras corporaciones han mostrado las graves consecuencias de una gestión sin valores éticos. En el Consejo Europeo de Gotemburgo en 2001 se acuerda el Libro Verde de la Unión Europea. Desarrollo de conceptos importantes para la RSE como el Gobierno Corporativo y la definición de códigos de conducta en las organizaciones. C.K. Prahalad (2005) publica el libro: The Fortune at the Bottom of the Pyramid: Eradicating Poverty Through Profits. Porter, M. y Kramer, M (2006) publican "Estrategia y sociedad: El vínculo entre ventaja competitiva y responsabilidad social corporativa.

Fuente: Aguilar (2008), basado en: Le Mouél (1992), Weiss (2003) y Vives, Corral e Isusi (2005).

Las organizaciones que han propuesto Las definiciones más reconocidas sobre la Responsabilidad Social Empresarial en el mundo, se listan en la Tabla 6 que se presenta a continuación:

**Tabla 6. Organizaciones que trabajan sobre Responsabilidad Social Empresarial (RSE)**

ORGANIZACIÓN	PAIS	PÁGINA WEB
World Business Council for Sustainable Development (WBCSD)		<a href="http://www.wbcsd.ch">www.wbcsd.ch</a>
Centro Colombiano de Responsabilidad Empresarial –CCRE	Colombia	<a href="http://www.ccre.org.co/">http://www.ccre.org.co/</a>
Instituto Ethos de Empresas y Responsabilidad Social	Brasil	<a href="http://www.ethos.org.br">http://www.ethos.org.br</a>
Fundación Hondureña de Responsabilidad Social Empresarial - FUNDAHRSE	Honduras	<a href="http://www.fundahrse.org/">http://www.fundahrse.org/</a>
Responsabilidad Social Empresarial	Paraguay	<a href="http://www.rse.org.py">http://www.rse.org.py</a>
Fundación Empresa y Sociedad	España	<a href="http://www.empresaysociedad.org/">www.empresaysociedad.org/</a>

<b>ORGANIZACIÓN</b>	<b>PAIS</b>	<b>PÁGINA WEB</b>
Centro Empresarial de Inversión Social (CEDIS)	Panamá	<a href="http://www.cedis.org.pa/">http://www.cedis.org.pa/</a>
Fundación PROhumana	Chile	<a href="http://www.prohumana.cl/">www.prohumana.cl/</a>
Centro Internacional para el Desarrollo Humano	Costa Rica	<a href="http://www.cidh.ac.cr/">http://www.cidh.ac.cr/</a>
Fundación Empresarial para la Acción Social (FUNDEMÁS)	El Salvador	<a href="http://www.fundemas.org">www.fundemas.org</a>
Centro para la acción de la Responsabilidad Social Empresaria (CentraRSE)	Guatemala	<a href="http://www.centrase.org/">http://www.centrase.org/</a>
Libro Verde de la Comisión de la Unión Europea		
Centro Mexicano para la Filantropía (CEMEFI)	México	<a href="http://www.cemefi.org/">www.cemefi.org/</a>

Fuente: Consolidado por el autor, 2016.

#### 2.1.6.1 Modelos de gestión para la responsabilidad social empresarial

Como lo afirma Gaete (2012), una de las grandes problemáticas relacionadas con el análisis del comportamiento socialmente responsable de las organizaciones, se vincula con la manera más adecuada para evaluar y medir dicho comportamiento, a lo cual Moneva (2005:46) responde de forma categórica: “a través de las sostenibilidad de las actividades de la organización”, entendiendo por la sostenibilidad la definición propuesta por la Comisión Brundtland en 1987.

Moya (2010), en su documento sobre responsabilidad social establece que varias instituciones han buscado desarrollar instrumentos de gestión para la RSE. Dice que la misma, es una estrategia efectiva para lograr el desarrollo sostenible de las organizaciones y para alcanzar este fin, existen indicadores que permiten evaluar y reportar los resultados en cada uno de los campos, social, ambiental y económico.

El artículo de Pinillos y Fernández (2011), explica que aunque hasta 1999 existía un amplio conjunto de iniciativas –especialmente medioambientales– que se podían incluir bajo el concepto de la RSE, se cree que todo el movimiento de la misma, empieza con el Pacto Mundial, o Global Compact.

Ante la gran diversidad de iniciativas para concretar y promover la responsabilidad social en las organizaciones, el documento de Giménez, Gómez, y Villegas (2007), plantea una clasificación de las iniciativas en cuatro dimensiones o niveles, así:

(Nivel 1) Directivas, directrices, declaraciones y recomendaciones universales internacionales: Forman parte de este grupo las declaraciones y los compromisos que adquieren los países en el seno de la ONU (las recomendaciones de la Organización Internacional del Trabajo OIT, la Declaración Universal de los Derechos Humanos, la Convención sobre los Derechos del Niño, la convención para eliminar toda forma de discriminación contra la mujer, entre otras). Así mismo, se incluyen los documentos emitidos en el marco de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), el CSR Europa y el Pacto Mundial (United Nations Global

Compact), directrices y recomendaciones que deben ser cumplidas por los países miembros de las organizaciones mencionadas y por aquellos que las suscriben o ratifican.

(Nivel 2) Guías de producción y metodologías de evaluación de informes y acciones de RSE: Documentos que presentan lineamientos sobre el proceso, para formular, de manera transparente y efectiva, informes de sostenibilidad y RS, así como guías o metodologías para evaluar o medir actuaciones en relación con la RSE. En este bloque se incluyen, por ejemplo, la ISAE 3000, la AA1000, el índice CRE de Colombia y la guía GRI.

(Nivel 3) Normas o estándares de gestión y ajuste en la implantación de la RSE: Constituidas por aquellos requisitos o criterios que deben ser cumplidos o a los que deben ajustarse las organizaciones, para lo cual deben dar respuesta y aportar evidencias de cumplimiento. El porcentaje de ajuste se valora en función de las evidencias e indicadores aportados. Algunas de estas normas son la SA8000, SGE21 y ETHOS.

(Nivel 4) Técnicas y herramientas para medir y gestionar las actuaciones de RSE: Se incluyen listados de indicadores y herramientas para realizar balances sociales y cuadros de mando, como principales herramientas de gestión y medición. Se destaca el Manual de Balance Social elaborado por la Organización Internacional del Trabajo (OIT). En la Tabla 7 se resumen algunas iniciativas multilaterales.

**Tabla 7. Principales instrumentos internacionales de RSE**

INSTRUMENTO	CONTEXTO
Global Compact (enero de 1999)	Las Naciones Unidas lanzó el Pacto Mundial, en el año 2000. El Pacto Mundial es una norma política, pero no es una norma de auditoría. Además, se incentiva a las empresas a usar las Directrices G3 de la GRI como medio de comunicación de su progreso, debido a la naturaleza complementaria de la GRI y el Pacto Mundial.
Dow Jones Sustainability Indexes (1999, revisados en 2010)	En 1999 surgieron los Dow Jones Sustainability Indexes, Fruto de la cooperación entre Dow Jones Indexes, STOXX Limited y SAM Group, estos índices proporcionan a los gestores de activos comparaciones objetivas y fiables para gestionar sus carteras de valores sostenibles.
AA1000 Framework (1 de noviembre de 1999)	Norma desarrollada por el Institute of Social and Ethical Accountability. El objetivo de las normas de AA1000 es ayudar a organizaciones a ser más “accountable” <sup>1</sup> , responsables y sostenibles.
Global Reporting Initiative, GRI (junio de 2000)	La Global Reporting Initiative es una organización basada en redes que fue creada por CERES, una red estadounidense de inversores, organizaciones ambientales y otros grupos de interés, con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) como asociado. La GRI ha elaborado un marco que aporta directrices sobre la elaboración de memorias de RSE, incluyendo los impactos económicos, sociales y ambientales de una empresa. En el año 2000 se lanzó el primer marco, que actualmente es la tercera versión de la GRI (G3). Las directrices de la GRI se refieren a cuatro principios respecto al contenido de las memorias: materialidad, participación de los grupos de interés, contexto de sostenibilidad y exhaustividad. Las directrices establecen indicadores específicos categorizados en económicos, ambientales y sociales. Los indicadores sociales están,

<sup>1</sup> Accountability es el reconocimiento, asunción de responsabilidad y actitud transparente sobre los impactos de las políticas, decisiones, acciones, productos y desempeño asociado a una organización, según la definición de la organización AccountAbility.

INSTRUMENTO	CONTEXTO
	<p>a la vez, clasificados en derechos humanos, prácticas laborales y trabajo decente, sociedad y responsabilidad de producto.</p> <p>La GRI puede combinarse con otras normas y matrices, tales como el Pacto Mundial y la AA1000. La GRI se corresponde con los principios del Pacto Mundial para la elaboración de la memoria, y serán aún más compatibles debido a un nuevo proyecto entre las dos entidades creadoras. La serie AA1000 es útil para el monitoreo y la evaluación de la GRI.</p>
	<p>El Ingenio Risaralda S.A., en el año 2015 presentó el cuarto Informe de Sostenibilidad, a través de la metodología Global Reporting Initiative (GRI).</p>
<p>International Standard on Assurance Engagements (junio de 2000)</p>	<p>Marco básico para auditorías de gran escala sobre procesos en materia no financiero-contable. Estas auditorías incluyen aspectos medioambientales y de sostenibilidad..</p>
<p>Guidelines for Multinational Enterprises de la OCDE (1976, revisadas en 1979, 1982,1984, 1991 y 2000)</p>	<p>Conjunto de recomendaciones formuladas por los gobiernos a las empresas multinacionales que operan en o desde de los países miembros, en materias tales como: empleo, relaciones industriales, derechos humanos, medio ambiente, transparencia, anticorrupción, ciencia y tecnología, entre otros, y que constituyen un marco voluntario de principios y estándares para la empresa responsable.</p>
<p>Declaración tripartita de principios sobre las empresas multinacionales y la política social de la OIT (noviembre de 1977, addendum I en noviembre de 2000 y marzo de 2006 y addendum II en marzo de 2000)</p>	<p>Es el primer documento elaborado exitosamente por la Organización Internacional del Trabajo aplicable universalmente en materia de empresas multinacionales. Contiene principios en materia de empleo, formación profesional, condiciones de trabajo y de vida y relaciones laborales, cuya aplicación se recomienda con carácter voluntario a los gobiernos, a las organizaciones de empleadores y de trabajadores y a las empresas multinacionales. Esos principios se concretan en las materias de empleo, igualdad de oportunidades y de trato, seguridad del empleo, formación, condiciones de trabajo y de vida (salarios, prestaciones y condiciones de trabajo, edad mínima, seguridad e higiene) y relaciones de trabajo (libertad sindical y derecho de sindicación, negociación colectiva, información y consulta, examen de las reclamaciones y solución de conflictos laborales).</p>
<p>Libro Verde de la Unión Europea (18 de julio de 2001)</p>	<p>En 2001 la Comisión Europea publicó el Libro Verde con el fin de fomentar un marco europeo para la responsabilidad social de las empresas. Impulsa el desarrollo de prácticas innovadoras, aumento de la transparencia y su consiguiente evaluación y validación de aquellas prácticas responsables.</p>
<p>ISO 26000 (2010) Norma de orientación a los principios de RSE y su integración</p>	<p>ISO 26000 fue lanzada el 1 de noviembre de 2010, después de siete años de trabajo. La iniciativa fue desarrollada por un grupo multidisciplinar liderado por la Asociación Brasileña de Normas Técnicas (ABNT) de Brasil y el Instituto Sueco de Normas (SIS). El grupo de trabajo reunió a 450 expertos y 210 observadores de 99 países y 42 organizaciones vinculadas.</p> <p>Los objetivos de ISO 26000 son: desarrollar un consenso internacional sobre qué significa la responsabilidad social y qué asuntos de la RSE tienen que abordar las organizaciones, proporcionar orientación sobre la puesta en práctica de los principios mediante acciones efectivas, así como perfeccionar y divulgar información sobre mejores prácticas.</p> <p>La norma es compatible con las declaraciones de las Naciones Unidas, la Organización Internacional de Trabajo y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), además del Pacto Mundial. La organización GRI ha publicado un informe sobre cómo las directrices de la organización pueden complementar la norma ISO 26000 en la elaboración de la memoria, y además, los indicadores de GRI son aplicables para informar sobre los temas planteados en la ISO 26000. Asimismo, AccountAbility ha manifestado su interés por desarrollar una guía que aclarará la compatibilidad ente las normas AA 1000 e ISO 26000.</p>

INSTRUMENTO	CONTEXTO
SA 8000 (1997) Una norma certificable enfocada en las condiciones de trabajo	Esta norma fue desarrollada en 1997 por Social Accountability International (SAI), una organización creada por varios grupos de interés que comparten el objetivo de mejorar el ejercicio de los derechos humanos de los trabajadores en todo el mundo. La norma es una de las pocas que es certificable, aunque sólo certifica a nivel de instalaciones y no toda la empresa. La verificación de SA 8000 ha sido elaborada de modo que sea compatible con los sistemas de gestión de la Organización Internacional de Estándares (International Organization for Standardization, ISO) y el International Forest Stewardship Council (FSC). SA ha desarrollado una agencia de acreditación (Social Accountability Accreditation Services) que proporciona esos servicios.

Fuente: Consolidado por el autor, 2016.

A continuación (Tabla 8) se presenta la descripción general de algunos certificados para el tema de la sostenibilidad para el sector de la caña de azúcar.

**Tabla 8. Certificados de sostenibilidad que se usan en el sector de la caña de azúcar**

Programa de certificación	CONTEXTO
Bonsucro	Es una iniciativa global sin fines de lucro basada en las partes interesadas, dedicada a reducir los impactos ambientales y sociales de la producción de caña de azúcar, a la vez que reconoce la necesidad de viabilidad económica. La misión de Bonsucro es lograr un sector de caña de azúcar en continua mejora y que se verifique como sostenible mediante acciones de colaboración en el sector y el trabajo en pos de la mejora continua de los tres pilares de la sostenibilidad: la viabilidad económica, social y ambiental. Bonsucro tiene como objetivo lograr esta misión mediante la proporción de la definición de caña de azúcar sostenible, así como todos sus productos derivados, a través de un enfoque basado en las partes interesadas. Bonsucro también tiene por objeto garantizar la integridad de la implementación del estándar de producción de Bonsucro, a través de la implementación del protocolo de certificación.
Fairtrade	Es el sello internacional de Comercio Justo. Se trata de una certificación de producto que avala los productos procedentes de los países en vía de desarrollo, dando prioridad y poniendo en el centro a las personas. Fairtrade brinda a los agricultores y trabajadores de los países en vías de desarrollo la oportunidad de mejorar su nivel de vida y de planificar mejor el futuro. Al otro extremo ofrece a los consumidores un instrumento eficaz para combatir la pobreza y promover el cambio social mediante sus compras diarias.
GLOBALG.A.P.	Es un conjunto de normas internacionalmente reconocidas para la producción segura y sostenible de alimentos con el fin de beneficiar a los productores, minoristas y consumidores en todas partes del mundo. Actualmente, GLOBALG.A.P. es el programa de aseguramiento de fincas líder en el mundo, logrando que los requerimientos del consumidor se vean reflejados en la producción agrícola.  GLOBALG.A.P. cubre todas las etapas de la producción, desde las actividades pre-cosecha, tales como la siembra, el manejo del suelo, las aplicaciones de productos fitosanitarios, hasta la manipulación del producto en poscosecha, el empaque y almacenamiento.
RAS - Rainforest Alliance	La Red de Agricultura Sostenible (RAS) es una red de grupos de conservación latinoamericanos dedicados a iniciativas y actividades de conservación de base comunitaria. La RAS formula y ejecuta normas sociales y ambientales aplicables a la agricultura tropical y a los productos forestales. Rainforest Alliance se encarga del programa de certificación de las normas de la RAS.

Fuente: Consolidado por el autor, 2017.



### 2.1.6.2 Implicaciones de la RSE en el sector azucarero colombiano

A continuación se resume la información sobre la temática de responsabilidad social empresarial que en el año 2017 presenta en su página web, cada uno de los ingenios que conforman el sector azucarero colombiano (la información para el Ingenio Risaralda S.A., se presenta en el capítulo del marco contextual de la tesis y los ingenios Central Tumaco y Maria Luisa, no tienen página web disponible para verificar información):

- **Carmelita ([www.ingeniocarmelita.com](http://www.ingeniocarmelita.com)):**

El objetivo de la responsabilidad social es ser un ingenio comprometido con el desarrollo integral de sus grupos de interés priorizados, siguiendo los lineamientos de la Responsabilidad Social Empresarial que le genere valor agregado. Los grupos de interés identificados son: Colaboradores y Familias, Proveedores y Clientes, Comunidad y Educación.

- **Incauca ([www.incauca.com](http://www.incauca.com)) e Ingenio Providencia ([www.ingprovidencia.com](http://www.ingprovidencia.com)):**

En el Sector Agroindustrial de la Organización Ardila Lülle, está en la búsqueda de programas que contribuyan a mejorar la calidad de vida de los trabajadores y sus familias. Con la participación del Estado, la comunidad, la academia y la empresa privada aportan al mejoramiento continuo de las comunidades donde están instalados. En el desarrollo de la actividad diaria, hacen nexos con clientes, proveedores, contratistas, autoridades y comunidad en general. Se catalogan como ambientalmente responsables. Las acciones que evidencian su compromiso social están enfocadas hacia tres áreas principales: Educación, fomento al deporte y apoyo a programas de prevención de consumo de alcohol y sustancias psicoactivas. Sus focos de inversión son: Educación, Deporte, Prevención del consumo de sustancias psicoactivas y alcohol y otras actividades con la comunidad.

- **La Cabaña ([www.ingeniolacabana.com](http://www.ingeniolacabana.com)):**

El Ingenio La Cabaña S.A. para el establecimiento, desarrollo e integración de los sistemas de gestión (CAS: Calidad, Ambiental, Seguridad Industrial y Salud Ocupacional); aplicados a todos los procesos relacionados con el cultivo y cosecha de caña de azúcar, así como en la producción y comercialización de azúcar, miel y sus derivados, basa su política integral en los siguientes principios:

El logro, aseguramiento y mejoramiento continuo de la calidad, la eficacia y eficiencia en las funciones y procesos de los Sistemas de Gestión (CAS).

Propender por la satisfacción de las necesidades y expectativas de nuestros clientes a través de un proceso efectivo de comunicación.

La defensa activa y comprometida del medio ambiente, con la búsqueda permanente del equilibrio entre el desarrollo tecnológico de los procesos productivos y la protección del ecosistema.

La Prevención, reducción y control de la contaminación generada por nuestros procesos.

El fomento al respeto y cumplimiento de los requisitos legales, requisitos suscritos por el Ingenio La Cabaña S.A, normas y procedimientos tanto técnicos como administrativos de origen interno o externo, relacionados con la calidad de nuestros productos o procesos, la conservación del medio ambiente y el bienestar de nuestros colaboradores

Identificar los peligros, evaluar y controlar los factores de riesgo asociados a la seguridad industrial y salud ocupacional con el fin de prevenir los accidentes de trabajo o enfermedades profesionales y preservar la integridad de nuestros colaboradores.

El fomento de programas o actividades que permitan elevar o mantener las competencias laborales por medio de un proceso de inducción, entrenamiento, capacitación y evaluación del personal que labora en el Ingenio.

La comunicación de las políticas, objetivos, programas, reglamentos o información de interés general, relacionados con los Sistemas de Gestión (CAS) a empleados, contratistas, comunidad y otras entidades interesadas.

El seguimiento, la medición y el análisis de los procesos de los Sistemas de Gestión (CAS) que permitan determinar su efectividad a través del control operativo, de las auditorias y de la revisión integral periódica de los mismos.

- **Manuelita ([www.manuelita.com](http://www.manuelita.com)):**

En la página web, frente al aspecto de sostenibilidad, se evidencia lo siguiente:

Las prioridades identificadas al interior de Manuelita corresponden a objetivos estratégicos de la organización, que a su vez responden a asuntos relevantes para los Grupos de Interés. Cada prioridad está enmarcada dentro de la triple cuenta de sostenibilidad, y permiten enfocarnos a ser una empresa cada vez más responsable y sostenible en el tiempo.

Social: Equipo humano competente y comprometido, Gestión social con colaboradores y comunidad y Cultura organizacional basada en Valores Manuelita.

Ambiental: Gestión ambiental y Productos de valor agregado con menor impacto.

Económica: Diversificación e internacionalización, Atención diferenciada y alta calidad y Desarrollo de proveedores competitivos y sostenibles.

- **Mayagüez ([www.ingeniomayaguez.com](http://www.ingeniomayaguez.com)):**

La página web del Ingenio Mayagüez afirma que para Mayagüez el compromiso social constituye un elemento integrante del negocio. Cuestiones como el cuidado del entorno, la buena relación con las comunidades que se encuentran en su zona de influencia, la seguridad de personas, productos e instalaciones, el compromiso ambiental o el respeto a los derechos humanos constituyen atributos definitorios del modelo de gestión de la Compañía.

Entre otras cosas, la obligación de tener la vista puesta en el largo plazo otorga la facultad de entender mejor la lógica del desarrollo sostenible y la importancia de mantener relaciones de cooperación, duraderas y mutuamente beneficiosas con la sociedad circundante.

Mayagüez ha asumido como principio de actuación empresarial el logro de una gestión que sea eficiente, moderna, rentable y eficaz, y que esté enmarcada en los principios del desarrollo sostenible y en el compromiso con el bienestar, el desarrollo y la prosperidad de las sociedades donde está presente.

- **Pichichí ([www.ingeniopichichi.com](http://www.ingeniopichichi.com)):**

La responsabilidad social empresarial vista desde el Ingenio Pichichí de acuerdo a su página web, se plasma a continuación: Para el Ingenio Pichichí, reconocer la responsabilidad social, como "la adopción de principios y valores compartidos que den un rostro humano al mercado mundial", es sumamente importante, sin embargo, no es una tarea nueva, ha estado desde siempre en su percepción de importancia del desarrollo económico y social de sus colaboradores y las comunidades de su zona de Influencia.

- **Riopaila Castilla ([www.riopaila-castilla.com](http://www.riopaila-castilla.com)):**

La Estrategia de Sostenibilidad de Riopaila Castilla, según la información de la página web, definió sus megametas económica, social y ambiental con el objetivo de alinear sus acciones para el cumplimiento de la Estrategia.

*Política de Sostenibilidad:* Con el fin de asegurar la confianza, la reputación de la empresa y la sostenibilidad del negocio en el largo plazo, Riopaila Castilla S.A. asume el compromiso voluntario de gestionar sus negocios creando valor económico y social, usando de manera eficiente los recursos naturales, teniendo un diálogo fluido con sus grupos de interés, reconociendo sus necesidades y expectativas, y adoptando prácticas destinadas a generar valor compartido, en el marco de la ética, los valores corporativos, los principios del Pacto Global y el respeto por los Derechos Humanos. En el 2013 se definieron la Mega Meta Social y Ambiental que acompañan la Mega Meta Económica definida en el 2009, asegurando de esta manera el compromiso por la implementación de prácticas en cada dimensión de la sostenibilidad.

- **Sancarlos ([www.ingeniosancarlos.com.co](http://www.ingeniosancarlos.com.co)):**

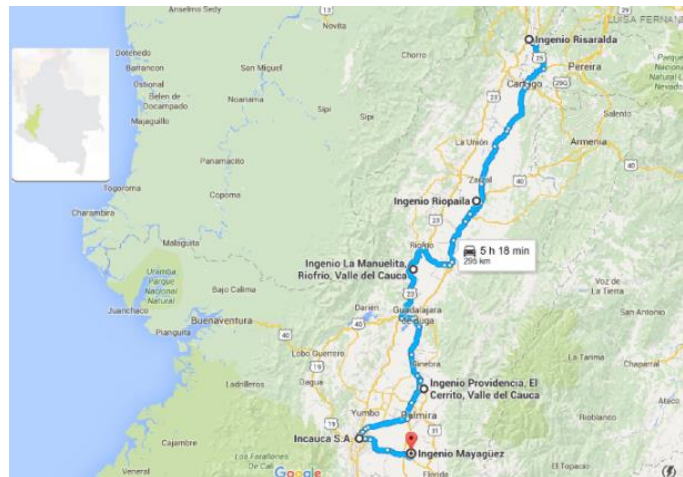
En la página web, el Ingenio Sancarlos asegura que la Responsabilidad Social es un concepto vivo. La Responsabilidad Social es parte de la gestión de Ingenio Sancarlos y contempla acciones concretas en la gobernanza de la Compañía, en el amparo de los derechos humanos, en prácticas laborales y de operación justas, en la protección del medio ambiente, en las expectativas de los clientes y en el desarrollo de la comunidad. Ingenio Sancarlos participa con un rol activo en las comunidades que interactúan en sus zonas de operación. Para esto se generan mecanismos de consulta y diálogos, con inclusión de grupos vulnerables y relaciones transparentes con los líderes locales. Se prioriza el apoyo de programas de inversión social que permitan maximizar sinergias e impulsar acciones a largo plazo.

## **2.2 MARCO CONTEXTUAL**

### **2.2.1 Generalidades del valle geográfico del río Cauca**

El valle geográfico del río Cauca es un valle interandino ubicado en el sur occidente de Colombia con un área aproximada de 448.000 hectáreas. De esta región hacen parte las vertientes de las cordilleras central y occidental –dos de los tres ramales en que se dividen los Andes al entrar a territorio colombiano– y la hoya del alto Cauca, con elevaciones que varían entre 900 y 1.200 metros (CVC, 2004).

El sector azucarero colombiano está situado en el valle geográfico del río Cauca ubicado a 4° 59" 10" longitud Norte y 76° longitud oeste; abarca 47 municipios desde el norte del Departamento del Cauca, la franja central del Valle del Cauca, hasta el sur del Departamento de Risaralda. En esta región hay 223.905 ha sembradas en caña para azúcar, de las cuales, el 24% corresponde a tierras propias de los ingenios y el restante 76% a más de 2.000 cultivadores de caña. Dichos cultivadores abastecen a los 13 ingenios de la región (Cabaña, Carmelita, Manuelita, María Luisa, Mayagüez, Pichichí, Risaralda, Sancarlos, Tumaco, Riopaila, Castilla, Incauca y Providencia). Desde 2005, seis de los trece ingenios tienen destilerías anexas para la producción de alcohol carburante (Incauca, Riopaila, Manuelita, Providencia, Mayagüez y Risaralda) (ASOCAÑA, s.f).

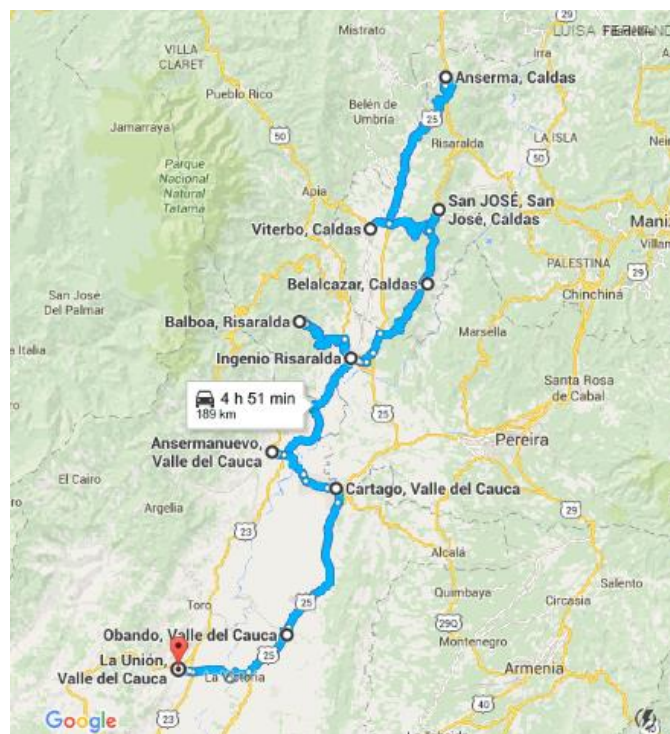


**Figura 4. Localización de plantas de alcohol carburante.**

Fuente: Google Maps. (2016). Recuperado en mayo de 2016 de la web: <https://www.google.com.co>

### 2.2.2 Ingenio Risaralda S.A.

Es una organización dedicada a la transformación y el aprovechamiento integral de la caña de azúcar, que pertenece a la industria agroindustrial y de alimentos colombiana haciendo frente a cuatro unidades de negocio: azúcar, alcohol carburante, energía eléctrica y compostaje. Se encuentra ubicado en el Municipio de Balboa, Departamento de Risaralda. El área de influencia comprende los Municipios de Anserma, San José, Viterbo y Belalcazar, en el Departamento de Caldas; La Unión, Toro, Obando, Ansermanuevo y Cartago, en el Departamento del Valle del Cauca; así como Balboa, La Virginia, Pereira y Santuario, en el Departamento de Risaralda. La planta industrial y administrativa está ubicada en el kilómetro 2, vía La Virginia – Balboa y cuenta con una sede administrativa en la Ciudad de Pereira (Ingenio Risaralda S.A., 2015).



**Figura 5. Localización del Ingenio Risaralda S.A. y su área de influencia**

Fuente: Google Maps. (2016). Recuperado en mayo de 2016 de la web: <https://www.google.com.co>

#### 2.2.2.1 Contexto histórico del Ingenio Risaralda S.A.

El análisis de los documentos: Ingenio Risaralda "25 Años, Generando Riqueza", el Manual Integrado de los Sistemas De Gestión Calidad, Ambiental y Seguridad y Salud en el Trabajo y de la página web, permitió consolidar la información para construir un acercamiento a las etapas de desarrollo del Ingenio (ver Tabla 9).

**Tabla 9. Etapas de desarrollo**

AÑO	ETAPA
1963	Se aprobó el Plan Maestro para el Desarrollo Azucarero Nacional, que contempló el expandir la oferta con la fundación de un ingenio en el Valle de Risaralda y otros dos en Tulúa y Obando.
1964	Las Corporaciones Financieras Nacional, Colombiana, del Valle y de Caldas, conformaron la Sociedad para el Desarrollo Azucarero; la entidad se dedicó a realizar los estudios de factibilidad que demostraron la viabilidad del proyecto concebido en el Valle de Risaralda.
1965	El 19 de febrero, se constituyó una sociedad anónima denominada Ingenio Risaralda S.A., de la cual, hacían parte Las Corporaciones Financieras Nacional, Colombiana, del Valle y de Caldas.
1966	Los directivos del incipiente ingenio lograron, con la firma japonesa productora de maquinaria Mitsui Etc Co, la tráfida de una misión encabezada por el Decano de la Facultad de Agronomía de Tokio y un grupo de técnicos, para que revisaran lo relacionado con la calidad de los suelos y la posible ubicación de la planta.

AÑO	ETAPA
1967	Se disolvió la sociedad anónima, después de haber sufrido la iniciativa, oposición por quienes habían sido promotoras de su constitución, las corporaciones financieras.
1970	<p>El 28 de octubre, se conformó la Sociedad Promotora Azucarera Ltda., entidad que se responsabilizó de consolidar el sueño de tener un ingenio alimentado por las cañas sembradas en las planicies del Valle de Risaralda. Los socios fueron La Federación Nacional de Cafeteros, la Corporación Financiera de Fomento Agropecuario – COFIAGRO, el Instituto Financiero de Fomento Industrial – IFI, la Corporación Financiera de Occidente y el gerente promotor, José Ocampo Avendaño.</p> <p>Los primeros estudios de prefactibilidad los hizo la firma Camilo J. Cabal e Hijos Ltda., de Cali, al tiempo que se adelantaban los relacionados con el componente agroindustrial; la conclusión de la firma fue que el proyecto no sería viable, mientras se insistiera en adquirir maquinaria nueva. Después de analizar varias ofertas, se escogió el que la firma Abarca ofreció, denominado Central Azucarera Constancia de Puerto Rico.</p>
1971 - 1972	<p>La Federación Nacional de Cafeteros, con su Programa de Desarrollo y Diversificación de la Zona Cafetera, se encargó de los estudios de factibilidad agrícola, que fueron aprobados por el Ministerio de Agricultura el 31 de mayo de 1972, año en que se adopta el Plan de Fomento Azucarero como resultado de la concertación entre el gobierno nacional y la Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar – ASOCAÑA.</p> <p>El 6 de junio de 1972, el proyecto Ingenio Risaralda recibe la aprobación del Ministerio de Desarrollo y del Departamento Nacional de Planeación.</p>
1973	<p>El 17 de mayo, se conformó la sociedad Ingenio Risaralda S.A. con la participación de la Federación Nacional de Cafeteros, la Corporación Financiera de Fomento Agropecuario – COFIAGRO, el Instituto Financiero de Fomento Industrial – IFI, la Corporación Financiera de Occidente y un grupo de propietarios de tierras de la región.</p> <p>El 8 de junio, la Sociedad Anónima Ingenio Risaralda S.A., se registró en la Cámara de Comercio de Pereira. La gerencia es asumida por el doctor José Ocampo Avendaño.</p> <p>El 26 de junio, recibió permiso temporal de funcionamiento</p> <p>El 15 de noviembre, recibió permiso definitivo de funcionamiento</p>
1974	<p>El 30 de octubre, en reunión extraordinaria, la Asamblea de Socios creó el cargo de presidente, con el fin de encargarlo de las relaciones con los organismos de crédito y los grandes accionistas, mientras el gerente continuó siendo el representante legal y el responsable del funcionamiento de la organización.</p> <p>Para este año, se contaba con un censo de tierras que permitió consolidar un área para cultivo de 7153 hectáreas, con la ratificación de sus propietarios de vincularlas al cultivo de la caña de azúcar con los siguientes tipos de contrato: arrendamiento, suministro de caña y riesgo compartido, lo que implicó la ejecución de labores de planificación y adecuación de tierras.</p> <p>El 24 de junio llegaron las primeras 300 toneladas de máquinas y equipos provenientes de Puerto Rico.</p>
1975	La firma Sucesores de Abarca, intermediaria de la venta de las maquinarias de la Central Azucarera Constancia al Ingenio Risaralda, entregó durante este año, el 90% del componente mecánico y el 65% del componente eléctrico de los equipos.
1978	El 28 de julio, luego de terminar el montaje de la fábrica, se inauguró la planta industrial, en una ceremonia que contó con el Presidente de la República electo, el Dr. Alfonso López Michelsen. Durante el segundo semestre del año, se hicieron las pruebas y ajustes.
1979	<p>Se inició la operación propiamente dicha del complejo agroindustrial; su molienda en promedio fue de 800 toneladas por día hábil.</p> <p>Se planteó la posibilidad de utilizar la caña de azúcar como materia prima para la producción de alcoholes carburantes, pero el hecho de que fuera un monopolio de Estado, entregado en</p>

AÑO	ETAPA
	concesión a unos pocos y la necesidad de una gran fortaleza financiera para emprender algo así, produjo que todo quedara como un tema más de los abordados por la junta directiva.
1979 - 1980	<p>Se enfrentaron problemas de liquidez y baja producción de las tierras.</p> <p>En junio de 1980, asume la gerencia el exgobernador de Risaralda, Carlos Arturo Ángel Arango, quien concertó un proceso de refinanciación de la sociedad con las entidades financieras y el sector azucarero, que tuvo como aspecto importante la vinculación de los cañicultores como accionistas del Ingenio</p>
1980 - 1985	<p>Hubo una reestructuración y se pone en marcha el plan de rescate para alcanzar la recuperación financiera de la empresa.</p> <p>Una de las consecuencias directas del plan de rescate suscrito en 1982, fue la posibilidad de adquirir mejores equipos, con la meta de optimizar la extracción de azúcar. Se contrató una nueva caldera, que con otras medidas eliminaron los fallos de pérdida de tiempo. De igual manera, se proyectó la compra de molinos y el cambio de las máquinas de vapor Corliss por turbinas.</p> <p>El año 1984 es el de la recuperación financiera de la empresa. En este año, se realizó la instalación definitiva de la Caldera Distral de 120 mil libras de vapor por hora, el montaje del molino #1ª, de los turbogeneradores de tres mil kilovatios, de la picadora #1, de los evaporadores y de las centrífugas, con la cual bajaron los consumos de fuel oil, las pérdidas de sacarosa en fábrica y los tiempos perdidos de operación.</p>
1986 - 1992	<p>El 7 de marzo de 1986, asume la gerencia el Dr. Germán Jaramillo Villegas, quien se desempeñaba como gerente administrativo y financiero.</p> <p>Obedeciendo a las órdenes del Gobierno Nacional, la Federación Nacional de Cafeteros, el IFI y Proexpo, pusieron a la venta sus acciones, que equivalían al 48, 02% del capital autorizado del Ingenio Risaralda. Se vendieron las acciones al Grupo Azucarero compuesto por el Ingenio del Cauca S.A., Manuelita S.A., Central Castilla S.A., Providencia S.A., Riopaila S.A., La Cabaña Ltda., Pichichí S.A., San Carlos S.A., y Mayagüez S.A.</p> <p>En 1987, se reestructuró el Departamento de Sistemas, con la adquisición del equipo de procesamiento de datos IBM Sistema 36, que ordenaba la información de nóminas, cosecha de caña y liquidación de proveedores y que hacía parte de un plan general de sistematización.</p> <p>El 31 de agosto de 1990 se reunió la Asamblea de Accionistas en forma extraordinaria, para elegir una nueva junta directiva, fruto del cambio de composición accionaria.</p> <p>En 1992, se contrató la asesoría del Instituto Colombiano de Normas Técnicas - ICONTEC, para la aplicación de las normas ISO 9003, que orienta el aseguramiento externo de la calidad para la conformidad del producto, mediante la inspección y ensayos correspondientes y de la ISO 9004, para el aseguramiento interno de la calidad. En ese año, se formuló un proyecto para el control y manejo de las aguas residuales, con el objeto de presentarlo a la Corporación Autónoma Regional de Risaralda - CARDER, para su revisión y aprobación.</p>
1993 - 1998	<p>En el año de 1993, tras la renuncia del Dr. Germán Jaramillo Villegas, asumió como nuevo gerente, el Dr. Eduardo Valderrama Varela, proveniente del Grupo Azucarero y que orientó su gestión a garantizar el crecimiento y la modernización de la empresa, por medio de un ambicioso plan de expansión.</p> <p>En septiembre de 1993, el Ingenio se hizo acreedor al sello de conformidad ISO 9004 e el Instituto Colombiano de Normas Técnicas - ICONTEC autorizó que los productos del Ingenio Risaralda, llevaran el sello de conformidad. Desde el año de 1998, el Ingenio Risaralda orientó su gestión a hacer realidad su incursión en el mercado energético nacional, con la instalación de un gran turbogenerador para atender la demanda interna y comercializar los excedentes. En ese año, se inició el proyecto de refinería, con la ingeniería de detalle y el diseño del proceso.</p> <p>El 1 de noviembre de 1996, se firmó por primera vez, un Convenio para la producción Limpia, suscrito por los ingenios afiliados a ASOCAÑA, las Corporaciones Autónomas Regionales del Valle - CVC, Risaralda - CARDER, Cauca - CRC y Caldas – CORPOCALDAS y el Ministerio del Medio Ambiente.</p>

AÑO	ETAPA
1999 - 2003	<p>En el año de 1999, asume la gerencia del Ingenio, el Dr. Cesar Augusto Arango Isaza quien se desempeñaba como gerente administrativo y financiero.</p> <p>Se adicionó al proceso fabril la refinación de azúcar y se propuso sustituir las exportaciones de azúcar crudo por azúcar refinado, mejorar los precios y participar en nuevos mercados.</p> <p>En abril de 1999, se obtiene la certificación del Sistema de Gestión en relación con la norma de calidad ISO 9001</p> <p>En el año de 2003, se obtiene la certificación del Sistema de Gestión Ambiental ISO 14001</p>
2006	La biodestilería del ingenio del estudio de caso inicia labores con capacidad de producir 100.000 litros diarios de alcohol carburante.
2007	Inicio de operaciones en la planta de compostaje, con el objetivo de procesar residuos industriales, dando un manejo ambiental y sostenible al proceso productivo.
2008	Inicio de producción de azúcar en categorías especializadas, de acuerdo a las necesidades de los clientes
2012	Construcción e implementación del proyecto de almacenamiento de producto terminado bajo la metodología “Drive In” pionero en Colombia.
2014	Acreditación del laboratorio de la biodestilería bajo el referente normativo del Sistema de Gestión de Calidad de los laboratorios ISO/IEC 17025, requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración ante el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia – ONAC.
2015	<p>Se obtuvo la certificación en FSSC para el Sistema de Gestión de Inocuidad Alimentaria, CO15/6237 para las actividades de fabricación de azúcar de caña crudo, blanco, blanco especial, refinado y micropulverizado desde la molienda de la caña hasta el despacho del azúcar de la planta.</p> <p>En el mes de marzo de 2015, inicio un proceso de mejora enfocado en agrupar en un solo ente certificador los Sistemas de Gestión de Calidad, Ambiental e Inocuidad Alimentaria, para lo que se define a la empresa SGS Colombia S.A como el único ente certificador para el Ingenio, en las normas ISO 9001, ISO 14001 e Inocuidad FSSC 22000.</p> <p>La planta de energía y cogeneración inicia labores con capacidad nominal de generación de 34,5 MW.</p>

Fuente: **Ingenio Risaralda S.A.** (2004). Ingenio Risaralda "25 Años, Generando Riqueza". Ingenio Risaralda S.A., Balboa, Risaralda. **Ingenio Risaralda S.A.** (s.f.). Generalidades del Ingenio Risaralda. Recuperado en enero de 2016 de la web: [https://www.ingeniorisaralda.com/es/ipaginas/ver/G250/45/resena\\_historica/](https://www.ingeniorisaralda.com/es/ipaginas/ver/G250/45/resena_historica/)

#### 2.2.2.2 Red de macro procesos

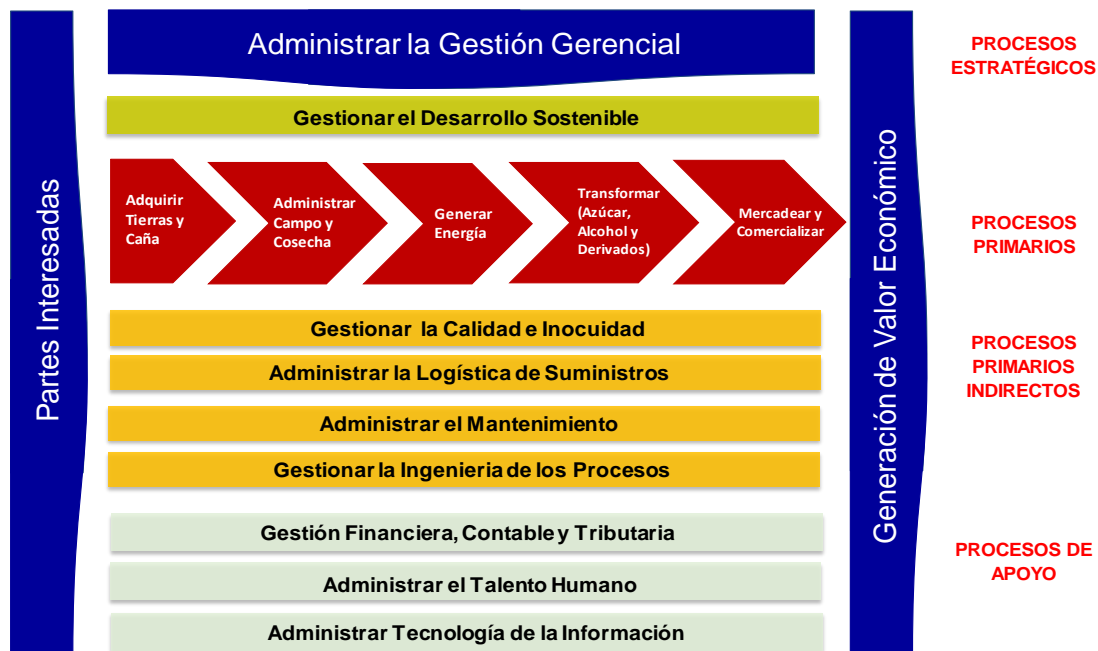
Como se puede analizar en el Manual Integrado de los Sistemas De Gestión Calidad, Ambiental y Seguridad y Salud en el Trabajo (2016), en el ingenio del estudio de caso, se consolidó una red de macro procesos cuyos objetivos son:

- Identificar los procesos
- Identificar las actividades de los procesos
- Agrupar los procesos afines en un macroproceso
- Determinar la secuencia e interacción de las actividades de los procesos.
- Establecer el intercambio de información, productos y actividades



- Identificar las principales entidades con las cuales la organización se relaciona, de las cuales se destacan los clientes quienes dada la condición de consumidores o receptores de los productos establecen los requisitos o necesidades y suministran retroalimentación sobre su desempeño y el nivel de satisfacción alcanzado.

Según el informe de sostenibilidad del Ingenio, del año 2015, la red de procesos de la organización, fue actualizada en 2015, donde se destaca la inclusión explícita en el enfoque estratégico del proceso “Gestionar el desarrollo sostenible”. Esta modificación contribuye a manifestar a todos los grupos de interés que el compromiso con la responsabilidad social y ambiental de la organización, se fomenta desde la alta gerencia.



**Figura 6. Red de Macro Procesos del Ingenio Risaralda S.A.**

Fuente: Ingenio Risaralda S.A. (2016). Manual Integrado de los Sistemas De Gestión Calidad, Ambiental y Seguridad y Salud en el Trabajo. Ingenio Risaralda S.A., Balboa, Risaralda.

### 2.2.2.3 Direccionamiento estratégico

Fue tomado de la Página Web de la Empresa (Ingenio Risaralda, s.f5), y plantea que es el norte maestro para planear, hacer, verificar y actuar con pensamiento y criterio como Empresa de Categoría Mundial.

El direccionamiento estratégico fue renovado durante el 2014 en la jornada de planeación estratégica, en la que el comité de gerencia de la Organización, re planteó la misión, la visión, las políticas y demás componentes del norte maestro, dando como resultado la definición del rumbo de la organización del 2015 al 2024. Estos cambios fueron presentados ante la Junta Directiva, quien en ejercicio de sus funciones administrativas los aprobó en el mes de noviembre de 2014.

**MISIÓN:**

Transformar y aprovechar al máximo el potencial de la caña de azúcar para obtener energía renovable y ofrecer productos de alta calidad satisfaciendo el mercado objetivo con desarrollo sostenible.

**VISIÓN:**

En el año 2024, ser un ingenio de categoría mundial en el aprovechamiento integral de la caña de azúcar, con responsabilidad social y ambiental.

**MANDATO:**

Todas las actividades de la empresa tienen como fin último: Perdurar, Generar valor, Crecer y Desarrollo Sostenible. Actuaremos siempre de acuerdo a nuestro direccionamiento estratégico.

**POLÍTICAS:**

**Clientes:** Satisfacer competitivamente a los clientes, suministrando productos y servicios que respondan a sus necesidades y expectativas en términos de Calidad e Inocuidad; a través de un mejoramiento continuo que permita transferir el conocimiento a toda la cadena de valor del proceso productivo, mediante el aseguramiento de los recursos y el cumplimiento legal, normativo y reglamentario, en el contexto de la libre competencia. Satisfacer competitivamente a los clientes, suministrando productos y servicios que respondan a sus necesidades y expectativas en términos de Calidad e Inocuidad; a través de un mejoramiento continuo que permita transferir el conocimiento a toda la cadena de valor del proceso productivo, mediante el aseguramiento de los recursos y el cumplimiento legal, normativo y reglamentario, en el contexto de la libre competencia.

**Accionistas:** Maximizar la generación de valor de su inversión, mediante el manejo prudente y eficiente de los recursos.

**Talento Humano:** Profesionalizar y desarrollar integralmente las competencias requeridas en nuestro talento humano, buscando el nivel de desempeño deseado, la dignificación del hombre a través del trabajo y la satisfacción y compromiso en la realización de las labores y en el logro de los resultados.

**Proveedores:** Asegurar la calidad y oportunidad requerida de la materia prima, insumos, materiales, equipos, actividades en outsourcing, transporte y servicios.

**Estado:** Cumplir con la legislación aplicable y mantener buenas relaciones con los entes reguladores y de control.

**Medio Ambiente:** Prevenir la contaminación y mejorar el desempeño ambiental bajo los Principios de Ecoeficiencia y Sostenibilidad, procurando mitigar y/o minimizar los impactos asociados con relación a la generación de residuos sólidos y líquidos, emisiones atmosféricas, vertimientos y uso de los recursos naturales e insumos. Garantizando así, el cumplimiento legal, normativo, reglamentario y los demás compromisos y convenios a los que la Organización se adhiera o suscriba con sus partes interesadas. Prevenir la contaminación y mejorar el desempeño ambiental bajo los Principios de Ecoeficiencia y Sostenibilidad.

**Gremios:** Participar activamente en las actividades gremiales y sectoriales que busquen fortalecer nuestra competitividad y productividad en el entorno nacional e internacional.

**Gestión del Riesgo y Seguridad:** Administrar un Sistema Efectivo de Control del Riesgo y Seguridad Integral de los Procesos con el compromiso permanente de los Trabajadores, Clientes, Proveedores Comerciales y de Servicios que permita promover que todas las operaciones de la Empresa estén libres de prácticas riesgosas e ilícitas, lavado de activos y/o financiación del terrorismo, para fomentar un comercio ágil y seguro.

**Seguridad y Salud en el trabajo:** Establecer y mantener un sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo efectivo mediante un proceso de mejora continua y de desempeño, identificando los riesgos, peligros y sus respectivos controles asociados a las características de la Organización; permitiendo así, la prevención de accidentes, lesiones y enfermedades laborales del personal propio, proveedores y personas que de forma directa o indirecta se puedan ver afectadas por nuestras actividades. De igual forma, garantizar el cumplimiento legal, normativo, reglamentario y los demás compromisos y convenios que en materia de SST la Organización se adhiera o suscriba con sus partes interesadas. Garantizar el cumplimiento de la legislación vigente aplicable en SST (Seguridad y Salud en el Trabajo); previniendo las lesiones y enfermedades y mejorando el desempeño.

**Responsabilidad Social Empresarial (RSE):** Promover el desarrollo sostenible, bajo un relacionamiento con nuestros grupos de interés, el comportamiento ético y una cultura de la responsabilidad que contribuya al progreso de la región.

## 2.3 MARCO LEGAL

En cuanto a la legislación asociada a la producción y comercialización de alcohol carburante en el territorio nacional se presenta un resumen en la Tabla 10.

**Tabla 10. Legislación Colombiana asociada a producción de alcohol carburante en el territorio nacional.**

NORMA	NÚMERO	AÑO DE EMISIÓN	AUTORIDAD QUE LO EMITE	DESCRIPCIÓN
Decreto	383	2007	Presidencia de la República de Colombia	Se establecen estímulos para la implementación de zonas francas para proyectos agroindustriales en materia de biocombustibles-tasa de renta diferencial y beneficios en materia de exenciones de aranceles en bienes de capital-proyectos con potencial exportador.
Resolución	447	2003	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y el Ministerio de Minas y Energía	Regula los criterios ambientales de calidad de los combustibles líquidos y sólidos utilizados en hornos y calderas y en motores de combustión interna. Además establece requisitos de calidad para etanol anhidro, gasolinas para ciudades de menos de 500.000 habitantes, gasolinas oxigenadas con etanol anhidro para ciudades de más de 500.000 habitantes, diesel corriente y extra. Según esta Resolución la proporción de agua en el alcohol anhidro no debe superar el 0.4%.
Ley	693	2001	Congreso de Colombia.	Por la cual se dictan normas sobre el uso de alcoholes carburantes, se crean estímulos para su

NORMA	NÚMERO	AÑO DE EMISIÓN	AUTORIDAD QUE LO EMITE	DESCRIPCIÓN
Ley	788	2002	Congreso de Colombia.	producción, comercialización y consumo, y se dictan otras disposiciones.
Resolución	180687	2003	Ministerio de Minas y Energía	Por la cual se expiden normas en materia tributaria y penal del orden nacional y territorial; y se dictan otras disposiciones.
Resolución	180836	2003	Ministerio de Minas y Energía	Por la cual se expide la regulación técnica prevista en la Ley 693 de 2001, en relación con la producción, acopio, distribución y puntos de mezcla de los alcoholes carburantes y su uso en los combustibles nacionales e importados.
Resolución	181710	2003	Ministerio de Minas y Energía	Define la estructura de precios de la Gasolina Motor Corriente Oxigenada.
Resolución	703	2004	Corporación Autónoma Regional de Risaralda	Modifica el artículo 2º de la Resolución 180836 del 25 de julio 2003, ingreso al productor de alcohol carburante.
Resolución	1086	2004	Corporación Autónoma Regional de Risaralda	Otorga licencia ambiental a la Asociación de cultivadores de caña de azúcar colombiana (ASOCAÑA), para adelantar un proyecto de construcción y explotación de alcohol carburante en el predio Ingenio Risaralda, ubicado en el Municipio de Balboa (Risaralda).
Resolución	1565	2004	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y el Ministerio de Minas y Energía	Autoriza el contrato de cesión de la licencia ambiental expedida mediante la Resolución 703 del 23 de junio de 2004, celebrado entre la Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar (ASOCAÑA) y la Sociedad Ingenio Risaralda S.A. Los derechos y obligaciones de la licencia, son transferidos a la Sociedad Ingenio Risaralda S.A.
Resolución	2200	2005	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y el Ministerio de Minas y Energía	Por la cual se modifica parcialmente la Resolución 898 del 23 de agosto de 1995, que regula los criterios ambientales de calidad de los combustibles líquidos y sólidos utilizados en hornos y calderas de uso comercial e industrial y en motores de combustión interna.
Decreto	3862	2005	Presidencia de la Republica	Por la cual se modifica parcialmente la Resolución 1565 del 27 de diciembre de 2004.
Resolución	181069	2005	Ministerio de Minas y Energía	Por el cual se reglamenta la ley 693 de 2001, se hace necesario precisar, para efectos fiscales, el alcance del proceso de mezcla necesario para la obtención de la gasolina oxigenada.
Resolución	181088	2005	Ministerio de Minas y Energía	Por la cual se modifica la Resolución 18 0687 del 17 de junio de 2003 y se establecen otras disposiciones.
Resolución	181384	2005	Ministerio de Minas y Energía	Deroga las resoluciones 180836 y 181710 de 2003 y se adoptan otras disposiciones en relación con la estructura de precios de la Gasolina Motor Corriente Oxigenada.
				Adiciona a los artículos 3º y 6º de la Resolución 18 1088 del 23 de agosto de 2005.

<b>NORMA</b>	<b>NÚMERO</b>	<b>AÑO DE EMISIÓN</b>	<b>AUTORIDAD QUE LO EMITE</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Resolución	181761	2005	Ministerio de Minas y Energía	Modifica la resolución 18 0687 del 17 de junio de 2003, referente a la reglamentación técnica a que hace referencia la Ley 693 de 2001 en relación con la producción, acopio, distribución y puntos de mezcla de los alcoholes carburantes y su uso en los combustibles nacionales e importados.
Conpes	3510	2008	Departamento Nacional de Planeación	Lineamientos de política para promover la producción sostenible de biocombustibles en Colombia.
Decreto	1135	2009	Presidencia de la Republica	Por el cual se modifica el Decreto 2629 de 2007, en relación con el uso de alcoholes carburantes en el país y con las medidas aplicables a los vehículos automotores que utilicen gasolinas para su funcionamiento.
Resolución	180120	2009	Ministerio de Minas y Energía	Modifica las resoluciones 18 1088 de 2005 y 18 1232 de 2008 en relación con la metodología de cálculo de ingreso al productor de alcohol carburante a distribuir en el país.
Resolución	180515	2009	Ministerio de Minas y Energía	Asocia el costo de oportunidad de los usos alternativos de la materia prima más eficiente, al azúcar crudo que se utiliza para producir alcohol carburante y no al azúcar refinado, establecido originalmente.
Resolución	182368	2009	Ministerio de Minas y Energía	Modifica las resoluciones 18 0687 de 2003 y 18 1088 de 2005, en relación con el programa de oxigenación de combustibles en el país.
Resolución	181555	2010	Ministerio de Minas y Energía	Por la cual se modifica la Resolución 8 2438 del 23 de diciembre de 1998 y se establecen disposiciones relacionadas con la estructura de precios de la Gasolina Motor Corriente y Gasolina Motor Corriente Oxigenada.
Decreto	4892	2011	Presidencia de la Republica	Por el cual se dictan disposiciones aplicables al uso de alcoholes carburantes y biocombustibles para vehículos automotores, porcentajes de mezcla obligatoria que variarán entre el 8 y el 10 por ciento de mezcla de alcohol carburante.
Resolución	181356	2011	Ministerio de Minas y Energía	Modifica la resolución 8 2438 del 23 de diciembre de 1998 y se establecen disposiciones relacionadas con la estructura de precios de la Gasolina Motor Corriente y Gasolina Motor Corriente Oxigenada.
Resolución	182335	2011	Ministerio de Minas y Energía	Modifica el Artículo 5° de la resolución 18 0687 de 2003 levanta temporalmente las mezclas en la costa atlántica, los Santanderes, centro e interior del país. Para el occidente y el eje cafetero la mezcla disminuye a 8% esto por problemas climáticos (pérdida cosecha de caña de azúcar por inundaciones).
Resolución	90932	2013	Ministerio de Minas y Energía	Por la cual se establece el porcentaje de mezcla de alcohol carburante con las gasolinas en algunas plantas de abastecimiento mayorista (E10).

<b>NORMA</b>	<b>NÚMERO</b>	<b>AÑO DE EMISIÓN</b>	<b>AUTORIDAD QUE LO EMITE</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Ley	1715	2014	Congreso de Colombia	Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional.
Resolución	90454	2014	Ministerio de Minas y Energía	Por medio de la cual se modifica la Resolución 180687 de 2003, donde se permite la exportación de alcoholes carburantes en la medida que se garantice el abastecimiento interno y la importación siempre y cuando exista déficit en la oferta.
Resolución	40565	2015	Ministerio de Minas y Energía	Por medio de la cual se establece la metodología para determinar el déficit de alcohol carburante en la oferta nacional.
Resolución	41072	2015	Ministerio de Minas y Energía	Por la cual se establece el porcentaje de mezcla de alcohol carburante para la zona Suoccidental del país para uso en vehículos automotores.
Resolución	789	2016	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y el Ministerio de Minas y Energía	Por la cual se modifica la Resolución 898 de 1995 en lo relacionado con los parámetros y requisitos de calidad del Etanol Anhidro Combustible y Etanol Anhidro Combustible Desnaturalizado utilizado como componente oxigenante de gasolinas y se dictan otras disposiciones.
Resolución	1962	2017	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por la cual se expide en el límite del indicador de cociente del inventario de emisiones de gases efecto invernadero del Etanol Anhidro Combustibles Desnaturalizado y se adoptan otras disposiciones.
Resolución	40434	2017	Ministerio de Minas y Energía	Por la cual se suspende la mezcla de alcohol carburante con gasolina motor corriente en algunas zonas del país.
Resolución	40626	2017	Ministerio de Minas y Energía	Por la cual se establece la mezcla E8 de alcohol carburante con gasolina motor corriente en todo el país.
Resolución	40185	2018	Ministerio de Minas y Energía	Por la cual se establece el porcentaje de mezcla de alcohol carburante en la gasolina motor corriente y extra a nivel nacional (E10).

Fuente: Compilado por la autora, 2019.

### 3 MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se realizó en el Ingenio Risaralda S.A. y su área de influencia (Ver Anexo 2).

#### 3.2 ESTRUCTURA METODOLÓGICA PRINCIPAL

En la Tabla 11 se describe la metodología mediante una matriz que relaciona los objetivos con las actividades y los instrumentos de captación de información.

**Tabla 11. Estructura metodológica principal**

OBJETIVO	ACTIVIDADES	INSTRUMENTOS
Analizar la percepción de la Responsabilidad Social Empresarial, en el componente ambiental, de los grupos de interés del Ingenio Risaralda S.A.	Aplicar encuesta, para el análisis de la percepción de los grupos de interés del ingenio estudiado, frente a la Responsabilidad Social, en el componente ambiental, de la Organización.	Informes de sostenibilidad del ingenio del estudio de caso, de los años 2012, 2013, 2014 y 2015; Bases de datos de fuentes primarias y secundarias; Fichas de revisión documental; Encuestas; Estadística descriptiva para análisis de datos.
Desarrollar un Análisis de Ciclo de Vida para el bioetanol producido en el Ingenio Risaralda S.A., con alcance de la cuna a la puerta.	Definir el objetivo y alcance del Análisis de Ciclo de Vida  Realizar una recopilación de datos y procedimientos de cálculo para cuantificar las entradas y salidas pertinentes del sistema del producto Evaluar los impactos ambientales potenciales a través de su relación con las categorías de impacto.	Requisitos y principios expuestos por las siguientes Normas Técnicas, las cuales describen la metodología del ACV estandarizada a nivel internacional por la Organización Internacional de Normalización – ISO y ajustada y avalada a nivel nacional por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación – ICONTEC, (cabe aclarar que solo se toman como referente para la aplicación de la metodología dado que el objetivo no está enfocado a la certificación de un proceso): NTC ISO 14.040:2007 Gestión Ambiental. Análisis de Ciclo de Vida. Principios y Marco de referencia. NTC ISO 14.044:2007 Gestión ambiental — Análisis del ciclo de vida — Requisitos y directrices. El análisis de la información, se realizó mediante el uso del software SimaPro versión 8.2, el cual se ajusta a los requisitos exigidos por la NTC ISO 14.040:2007.
Analizar la sostenibilidad para el Ingenio Risaralda S.A., al año 2015	Estudiar los resultados obtenidos en los objetivos 1 y 2 y otros documentos, para relacionarlos con la sostenibilidad del ingenio del estudio de caso, al año 2015	Se diseñó una matriz de relación de información de las actividades de responsabilidad social empresarial que el ingenio reporta en cuanto a la sostenibilidad; y los objetivos de desarrollo sostenible.

### 3.2.1 Descripción metodológica de la etapa de análisis de la percepción de los grupos de interés del ingenio del estudio de caso

#### 3.2.1.1 Identificación de la población (Grupos de Interés)

La población se puede definir como la totalidad de elementos posibles de un carácter o atributo determinado, o también como todos los individuos en los que se desea estudiar el fenómeno (Arnal, Rincón y Latorre, 1992).

Para este estudio, se realizó un análisis de los informes de sostenibilidad consolidados por la Organización desde el año 2012 hasta el año 2015, y que están estructurados bajo los parámetros de la metodología del Global Reporting Initiative (con la guía GRI 4); la población está conformada por las personas de los grupos de interés (accionista, colaborador, proveedor, gremio, estado, comunidad y clientes) para las cuales era posible captar su percepción. La población sumó un total de 1204 personas.

#### 3.2.1.2 Selección de la muestra

La muestra es el conjunto de casos extraídos de una población seleccionados por algún método de muestreo (Arnal; Rincón y Latorre, 1992). Se selecciona un número concreto de casos.

Para este estudio, el costo de la plena observación sería altísimo dado el número de individuos de la población, su dispersión, etc. Para realizar el análisis del mínimo de muestra a utilizar, se tomó en cuenta la fórmula para poblaciones finitas de menos de 100.000 habitantes:

$$n = \frac{Z^2 * P * Q * N}{E^2 * (N - 1) + Z^2 * P * Q}$$

Donde:

n= Tamaño de la muestra

N= Tamaño de la población

Z= Valor en la distribución normal que se usa como multiplicador del error estándar seleccionado para alcanzar un grado específico de confianza en la estimación de las variables del estudio. Según diferentes seguridades el coeficiente de Z varía, así:

Si la confianza es de 90% el coeficiente K es 1,645

Si la confianza es de 95% el coeficiente K es 1,96

Si la confianza es de 97.5% el coeficiente K es 2,24

Si la confianza es de 99% el coeficiente K es 2,576

P\*Q = Varianza para proporciones

P= 0,50

Q= 0,50

E= Error relativo permisible en la estimación. Se pueden tomar valores como 0.02, 0.03, 0.04, 0.05, 0.06, 0.07, 0.08, hasta 0.10 (a criterio del investigador principal).



Obteniendo una muestra mínima de 221 encuestas, con un nivel de confianza de un 90% y un porcentaje de error de 5%.

### 3.2.1.3 Muestreo

Para este estudio se utilizó un muestreo no probabilístico que, como lo define Kinnear et al (1993), “la selección de elementos se basa parcialmente en el criterio del investigador”. Se utilizó el muestreo por cuotas, que, siguiendo a Arnal, Rincon y Latorre (1992) es un procedimiento de selección de sujetos no probabilístico pero que se entiende paralelo al muestreo probabilístico estratificado. Consiste en considerar categorías típicas diferentes entre sí (estratos) que poseen gran homogeneidad interna respecto a alguna característica que puede ser susceptible de análisis a posteriori (conocimiento de la Responsabilidad Social del ingenio estudiado). Lo que se pretende con este tipo de muestreo es asegurarse de que todos los estratos de interés de la población estén representados adecuadamente en la muestra.

En este caso, se estratificó según los grupos de interés a los que pertenecen, así: accionista, colaborador, proveedor, gremio, estado, comunidad y clientes. En total fueron siete (7) los estratos seleccionados, con asignación proporcional a la población. Es decir, se seleccionaron siete (7) subpoblaciones o estratos que se consideraron relevantes para el estudio con un número de encuestas proporcional al tamaño del estrato en la población. Las siete (7) subpoblaciones o estratos, son los siete (7) grupos de interés identificados en los informes de sostenibilidad consolidados por la Organización. A partir de los datos poblacionales, se asigna a cada estrato muestral una cuota de encuestas, proporcional a la cuota de ese mismo estrato. A continuación (Tabla 12) puede observarse la cuota de encuestas de la muestra necesarios, una vez realizada la asignación proporcional, según la descripción anterior.

**Tabla 12. Distribución de la población y de la muestra por estratos: Grupos de Interés**

ESTRATOS	POBLACIÓN	PORCENTAJE	MUESTRA ESPERADA	PORCENTAJE	PORCENTAJE POBLACIONAL
ACCIONISTA	100	8,31%	18	8,31%	1,52%
COLABORADOR	381	31,64%	70	31,64%	5,81%
PROVEEDOR	327	27,16%	60	27,16%	4,99%
GREMIO	15	1,25%	3	1,25%	0,23%
ESTADO	14	1,16%	3	1,16%	0,21%
COMUNIDAD	270	22,43%	50	22,43%	4,12%
CLIENTES	97	8,06%	18	8,06%	1,48%
<b>Total</b>	<b>1204</b>	<b>100,00%</b>	<b>221</b>	<b>100,00%</b>	<b>18,36%</b>

### 3.2.1.4 Procedimiento de selección

Conocida la cantidad de sujetos de la muestra necesarios por estratos, se procedió a seleccionarlos. Así, formaron parte de la muestra representantes de los diferentes grupos de interés del Ingenio. Una vez dadas las instrucciones, los encuestados accedieron voluntariamente a cubrir los diferentes apartados del cuestionario que se aplicó para la recolección de la información (encuesta). La encuesta estuvo a disposición del público en general de manera electrónica y física

(en la oficina de Gestión Ambiental del ingenio del estudio de caso) desde septiembre del año 2016 a enero de 2017.

Como complemento a la tabla 12, el número de personas que respondieron la encuesta, pertenecientes a los diferentes grupos de interés del Ingenio, superó en un 18,36% (50 casos) el número de encuestas que estaba previsto realizar y por tanto, el total de encuestados fue de 271 personas (ver Tabla 13).

**Tabla 13. Distribución de las muestras “esperada” y “real” por estratos: Grupos de Interés**

ESTRATOS	MUESTRA ESPERADA	PORCENTAJE	MUESTRA REAL	PORCENTAJE SOBRE ESPERADA	DIFERENCIA %
ACCIONISTA	18	8,31%	18	8,14%	-0,16%
COLABORADOR	70	31,64%	116	52,49%	20,84%
PROVEEDOR	60	27,16%	63	28,51%	1,35%
GREMIO	3	1,25%	3	1,36%	0,11%
ESTADO	3	1,16%	3	1,36%	0,19%
COMUNIDAD	50	22,43%	50	22,62%	0,20%
CLIENTES	18	8,06%	18	8,14%	1,48%
<b>Total</b>	<b>221</b>	<b>100,00%</b>	<b>271</b>	<b>122,62%</b>	<b>18,36%</b>

#### 3.2.1.5 Recolección de datos

De acuerdo con Hernández et al (2002), la recolección de datos requiere: La selección del instrumento o método de recolección, la aplicación del mismo y preparar las observaciones, registros y mediciones obtenidas para que se analicen. Es necesario que el instrumento o método de recolección cumpla con dos requisitos importantes, los cuáles son: confiabilidad y validez, refiriéndose a la primera como el grado en que la aplicación repetida del mismo arroja resultados iguales y la validez al grado en que dicho instrumento mide en realidad la variable que pretende medir.

Para esta investigación se elaboró un instrumento de medición (encuesta) que se muestra en la parte de anexos (Ver Anexo 3) el cual se aplicó a 271 personas, y fue un muestreo no probabilístico de conveniencia aplicado a los grupos de interés del ingenio del estudio de caso. Esta encuesta fue diseñada con preguntas cerradas de tipo dicotómico, escala Likert y codificación de escalas.

#### 3.2.1.6 Análisis de datos

El análisis de los datos se realizó con estadística descriptiva.

#### 3.2.1.7 Aspectos éticos

De acuerdo a las características de la presente investigación se consideró los aspectos éticos que son fundamentales, debido que se trabajó con los grupos de interés; por lo tanto la investigación contó con la autorización correspondiente del área administrativa de la empresa y la participación voluntaria de cada colaborador. Asimismo, se mantiene el anonimato de cada

participante y el respeto hacia el evaluado en todo momento antes, durante y después del proceso; resguardando los datos recogidos sin juzgar la información obtenida.

### **3.2.2 Descripción metodológica de las etapas del análisis de ciclo de vida**

#### **3.2.2.1 Objetivo del estudio**

Se establece el objetivo del estudio, describe la aplicación prevista, las razones para llevarlo a cabo; la audiencia prevista y establece que los resultados no van a apoyar aseveraciones comparativas.

#### **3.2.2.2 Alcance del estudio**

Se describe las etapas del ciclo de vida a ser consideradas dentro de los límites del sistema analizado. También explica el proceso realizado para definir los elementos importantes del alcance del estudio, tales como unidad funcional, límites del sistema, categorías de impacto potenciales a ser analizadas y los datos solicitados, entre otros. El estudio ha sido realizado de acuerdo a los requerimientos y marco de las normas ISO 14040 y 14044.

#### **3.2.2.3 Inventario de ciclo de vida (ICV)**

Se describe el proceso de recolección de inventario y explica el proceso de producción de etanol del ingenio estudiado. También describe las fuentes de información, los procedimientos de cálculo y la validación de datos.

#### **3.2.2.4 Evaluación del impacto del ciclo de vida (EICV)**

Presenta los resultados del análisis de los impactos del ciclo de vida. En este estudio, para obtener resultados ambientales con respecto a los pasos de la producción de etanol, se utilizó el software licenciado SimaPro®. A continuación se describen algunas características de este software: Según Pre-Consultants (2016), SimaPro® permite modelar productos y sistemas desde una perspectiva del ciclo de vida. Los usuarios pueden construir modelos complejos de manera sistemática y transparente utilizando características únicas de SimaPro® que vienen completamente integradas con la base de datos Ecoinvent.

La base de datos Ecoinvent tiene las siguientes características principales:

- Incluye una amplia gama de datos y tiene especificaciones sobre la información con incertidumbre, con distribución normal y desviación estándar;
- Está disponible para procesos unitarios y sistemas de procesos;
- Es una aplicación consistente con los límites del sistema y la atribución de contribución;
- Está bien documentado;
- Las emisiones se diferencian en subcompartimentos, por ejemplo, las emisiones al aire se pueden hacer en áreas densamente pobladas o en la estratosfera (aunque los métodos de evaluación de impacto aún no consideran estas diferencias);
- Considera los activos de producción estándar (esta opción se puede desactivar en el software), que es muy importante en las centrales hidroeléctricas y los sistemas de transporte;
- Se somete a actualizaciones frecuentes.

Los resultados se dan a través del llamado árbol de procesos y también en forma de tablas y gráficos. SimaPro® también hace posible, mediante el uso del criterio de corte, realizar un análisis interesante en el árbol de procesos o en el diagrama de red, porque algunos diagramas suponen proporciones que hacen que su análisis sea impracticable o muy difícil, considerando que algunos procesos tienen contribuciones menores al impacto general del ciclo de vida del producto. SimaPro® tiene varios métodos para la evaluación de impacto, cada método consiste en varias categorías de impacto. Para este análisis, solo se delimitará el método ReCiPe (Goedkoop et al., 2009).

#### 3.2.2.5 Interpretación

En este capítulo se analizan los resultados obtenidos en la EICV, acorde con el objetivo y alcance del estudio. Se presenta también los resultados del análisis de incertidumbre.

### 3.2.3 Descripción metodológica del análisis de sostenibilidad

El carácter del presente objetivo es exploratorio. Para el análisis de la sostenibilidad al año 2015, se optó por partir de una investigación de escritorio, analizando los resultados de los objetivos 1 y 2 de la presente investigación, otras publicaciones y estadísticas relevantes y realizando consultas con expertos del Ingenio.

Se consolidó la Matriz de inclusión de los ODS con la RSE implementada por el ingenio del estudio de caso para el año 2015. La descripción de las columnas de la matriz es la siguiente:

- Línea de acción: Son los ejes temáticos identificados que se usan como instrumento de orientación sobre el cual se enmarcan las estrategias.
- Estrategias: Se refiere a las estrategias específicas, y constituyen las reglas de acción que permitan a la organización, tomar decisiones frente a posibles situaciones concretas.
- Relación con los ODS: En esta columna se especifica si la estrategia está o no relacionada con algún Objetivo de Desarrollo Sostenible.
- N° ODS: Se identifica el número de uno o algunos de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible con el que está relacionada la estrategia.
- ODS relacionado: Se nombra el Objetivo de Desarrollo Sostenible con el que está asociado la estrategia.

## 4 PERCEPCIÓN DE LOS GRUPOS DE INTERÉS DEL INGENIO DEL ESTUDIO DE CASO

### 4.1 GRUPOS DE INTERÉS Y DISTRIBUCIÓN MUESTRAL

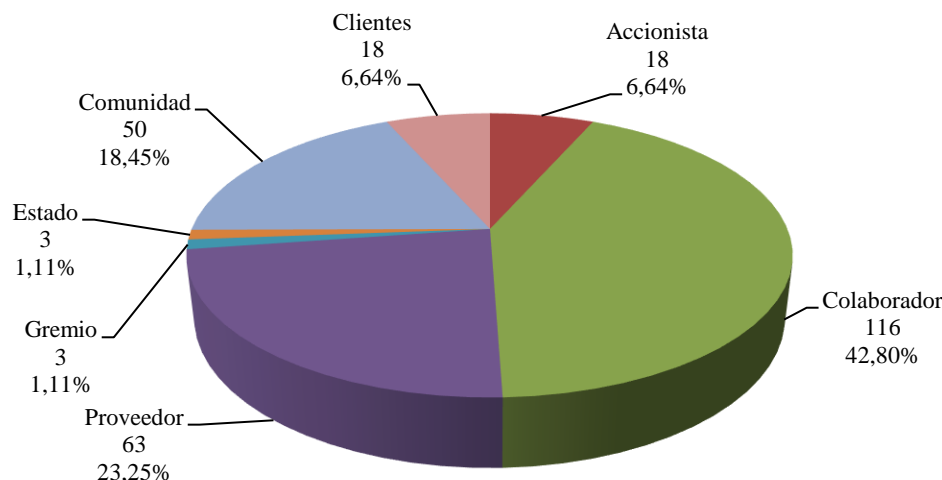
Según el Informe de Sostenibilidad del año 2014, en el Ingenio el Direccionamiento Estratégico está enfocado en el Desarrollo Sostenible, por tanto, las políticas que rigen su accionar están articuladas a las responsabilidades adquiridas con los Grupos de Interés (o partes interesadas), sus necesidades y los aportes que se pueden hacer para impulsar el desarrollo económico, ambiental y social en la zona de influencia. El Informe de Sostenibilidad del año 2015, afirma que las prioridades identificadas al interior de la Organización, responden a unos asuntos relevantes para los grupos de interés, quienes son fundamentales para el operar.



**Figura 7. Grupos de Interés (o partes interesadas) del Ingenio**

Fuente: Ingenio Risaralda S.A. (2015). Informe de Sostenibilidad del Ingenio Risaralda S.A.

Al analizar los resultados de la encuesta que se aplicó (respuestas de las 271 personas), se identifica que el **42,80%** que la respondieron son **colaboradores**, seguido de un **23,25%** que son **proveedores** y de un **18,45%** que pertenece a la **comunidad**. Ver la distribución de toda la muestra en la Figura 8.



**Figura 8. Distribución por grupo de interés al cual pertenece**

Fuente: El autor, 2017

La Tabla 14 presenta la distribución por grupo de interés al cual pertenece el entrevistado dentro de la muestra del análisis.

**Tabla 14. Distribución por grupo de interés al cual pertenece**

Opciones de respuesta	Frecuencia	Porcentaje
Accionista	18	6,64%
Clientes	18	6,64%
Colaborador	116	42,80%
Comunidad	50	18,45%
Estado	3	1,11%
Gremio	3	1,11%
Proveedor	63	23,25%
<b>Total muestra</b>	<b>271</b>	<b>100,00%</b>

Fuente: El autor, 2017

Para el análisis de los grupos de interés, la Organización utilizó las bases de datos para enviar la encuesta vía correo electrónico a los grupos a los que no se tenía acceso directo por las distancias; la aplicación de la encuesta a los colaboradores se hizo de forma presencial, en las instalaciones de la Organización. La responsabilidad social empresarial en Colombia no es una obligación legal a nivel organizacional para el sector cañicultor; en el mismo, por ejemplo, la contratación de los corteros de caña se hace a través de Cooperativas de Trabajo Asociadas (CTA) de forma indirecta, sin el pago de prestaciones sociales y de manera temporal. Esto evidencia la necesidad de tomar medidas frente a dos aspectos importantes que se están evidenciando en el país en materia laboral: la informalidad y precariedad laboral.

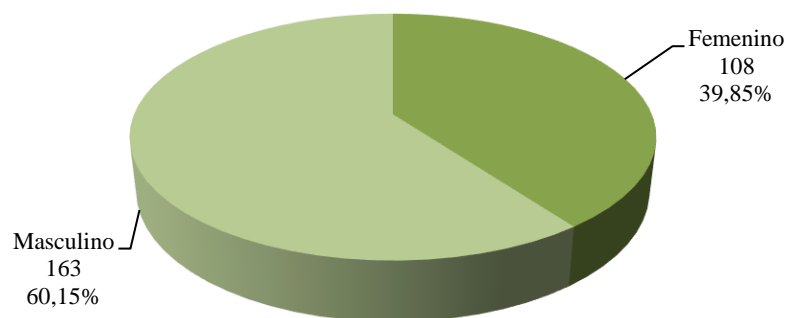
## 4.2 PERCEPCIÓN SOBRE LA RESPONSABILIDAD SOCIAL EMPRESARIAL EN EL CONTEXTO AMBIENTAL

A continuación se presentan los resultados de la encuesta que se aplicó, para lo cual, se utilizó un cuestionario dividido en 3 secciones, así: la primera es el análisis del encuestado con 6 preguntas; la segunda es los conocimientos sobre responsabilidad social empresarial y aplicación en el ingenio del estudio de caso, con 8 preguntas y la tercera es el componente ambiental de la responsabilidad social empresarial, con 13 preguntas. La encuesta estuvo a disposición del público en general de manera electrónica y física (en la oficina de Gestión Ambiental del Ingenio) desde septiembre del año 2016 a enero de 2017; durante ese periodo, 271 personas respondieron a las preguntas de la encuesta.

### 4.2.1 Análisis de los encuestados

#### 4.2.1.1 Distribución por género

La Figura 9 evidencia que la muestra tomada para el análisis estuvo conformada por 108 mujeres, equivalente al 39,85% y 163 hombres, equivalentes al 60,15%.



**Figura 9. Distribución por género**

Fuente: El autor, 2017

La Tabla 15 presenta la distribución por género de la muestra del análisis.

**Tabla 15. Distribución por género**

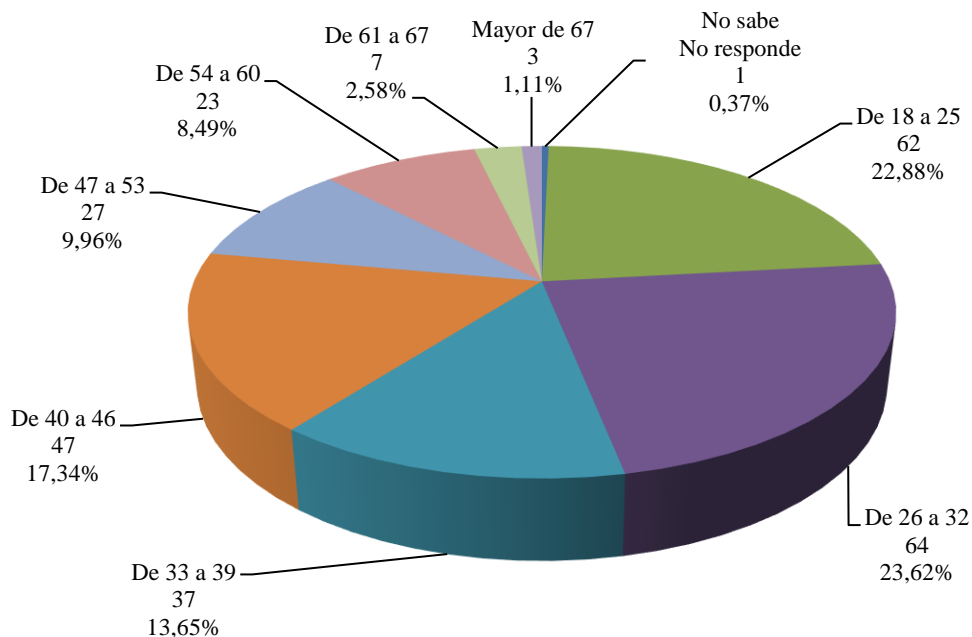
OPCIONES DE RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Femenino	108	39,85%
Masculino	163	60,15%
<b>Total muestra</b>	<b>271</b>	<b>100,00%</b>

Fuente: El autor, 2017

En general, el personal que labora con el sector de la caña de azúcar es en su mayoría y por tradición, masculino. En los informes de sostenibilidad del ingenio del estudio de caso, afirman que se continúan incorporando mujeres en los equipos de trabajo, como muestra del compromiso con el principio de igualdad de género que se ha convertido en una condición indispensable para ser una empresa competitiva.

#### 4.2.1.2 Distribución por edad

En la Figura 10, se puede analizar la edad de las personas que respondieron la encuesta. De los 271 encuestados, el mayor porcentaje de respuestas fue de personas entre los 26 a 32 años (23,62%), seguido por un 22,88% de personas entre 18 y 25 años y por un 17,34% de 40 a 46 años.



**Figura 10. Distribución por edad**

Fuente: El autor, 2017

La Tabla 16 presenta la distribución por edad de la muestra del análisis.

**Tabla 16. Distribución por edad**

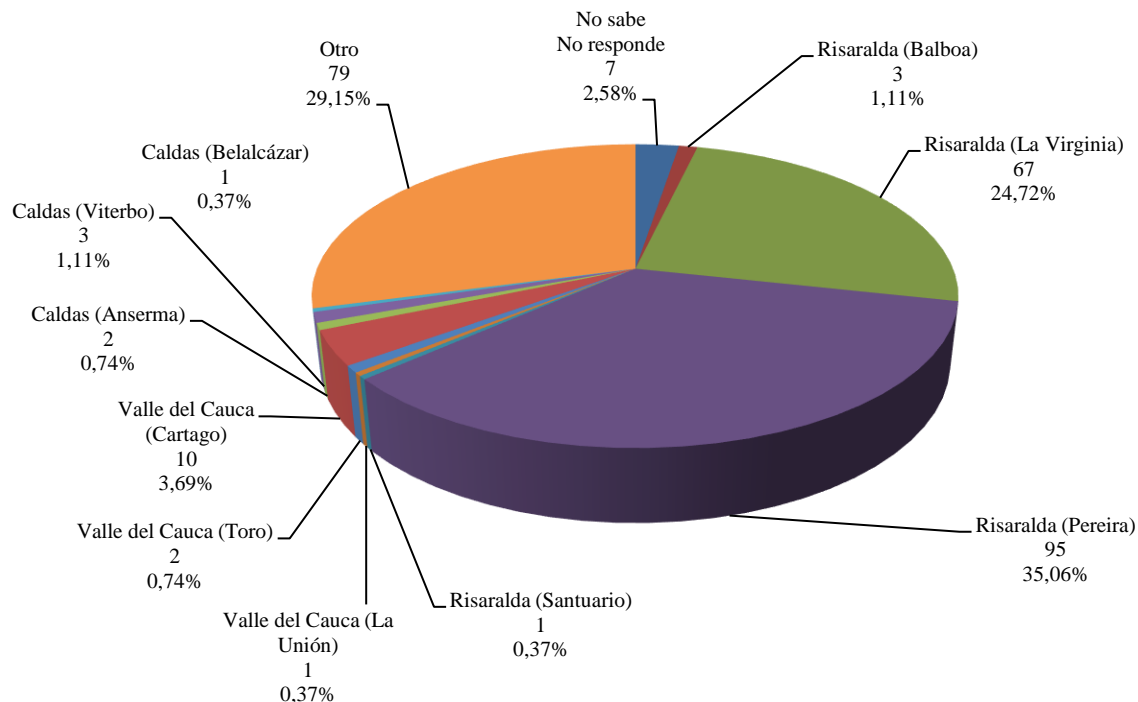
OPCIONES DE RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
De 18 a 25	62	22,88%
De 26 a 32	64	23,62%
De 33 a 39	37	13,65%
De 40 a 46	47	17,34%
De 47 a 53	27	9,96%
De 54 a 60	23	8,49%
De 61 a 67	7	2,58%
Mayor de 67	3	1,11%
No sabe, No responde	1	0,37%
<b>Total muestra</b>	<b>271</b>	<b>100,00%</b>

Fuente: El autor, 2017



#### 4.2.1.3 Distribución por lugar de procedencia

En el análisis de las 271 personas que respondieron el lugar de su procedencia, se resalta que un 35,06% son originarios de Pereira y un 24,72% de La Virginia. Dentro de las respuestas catalogadas como “Otro” (29,15%) se mencionó a departamentos como Cundinamarca, Quindío, Antioquia, Cauca, y otras ciudades dentro de los departamentos de Risaralda, Valle del Cauca y Caldas, entre otras.



**Figura 11. Distribución por lugar de procedencia**

Fuente: El autor, 2017

La Tabla 17 presenta la distribución por lugar de procedencia de la muestra del análisis.

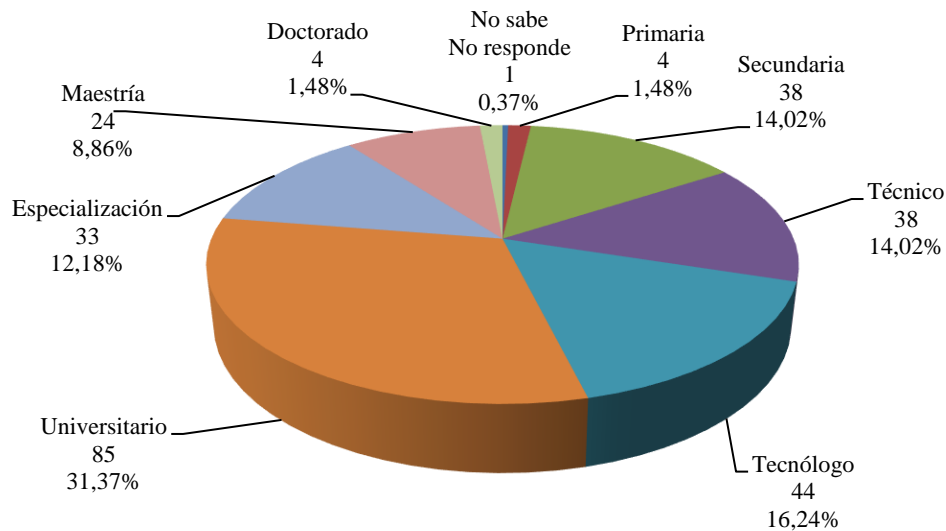
**Tabla 17. Distribución por lugar de procedencia**

OPCIONES DE RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Risaralda (Balboa)	3	1,11%
Risaralda (La Virginia)	67	24,72%
Risaralda (Pereira)	95	35,06%
Risaralda (Santuario)	1	0,37%
Valle del Cauca (La Unión)	1	0,37%
Valle del Cauca (Toro)	2	0,74%
Valle del Cauca (Cartago)	10	3,69%
Caldas (Anserma)	2	0,74%
Caldas (Viterbo)	3	1,11%
Caldas (Belalcázar)	1	0,37%
Otro	79	29,15%
No sabe, No responde	7	2,58%
<b>Total muestra</b>	<b>271</b>	<b>100,00%</b>

Fuente: El autor, 2017

#### 4.2.1.4 Distribución por nivel de formación

La distribución por nivel de formación de la población que respondió la encuesta se evidencia en la siguiente figura. La mayor cantidad de respuestas se identifica en el universitario que corresponde a un 31,37% de las 271 respuestas; del total de la muestra, 61 personas han realizado estudios de posgrado (22,51%).



**Figura 12. Distribución por nivel de formación**

Fuente: El autor, 2017

La Tabla 18 presenta la distribución por nivel de formación de la muestra del análisis.

**Tabla 18. Distribución por nivel de formación**

Opciones de respuesta	Frecuencia	Porcentaje
Primaria	4	1,48%
Secundaria	38	14,02%
Técnico	38	14,02%
Tecnólogo	44	16,24%
Universitario	85	31,37%
Especialización	33	12,18%
Maestría	24	8,86%
Doctorado	4	1,48%
No sabe, No responde	1	0,37%
<b>Total muestra</b>	<b>271</b>	<b>100,00%</b>

Fuente: El autor, 2017

#### 4.2.1.5 Relación de las variables: grupos de interés, edad, género y nivel de formación

La relación de las variables: grupos de interés, edad, género y nivel de formación se puede verificar en el anexo 4.

Se identifica que para el **grupo de accionistas** (que está **conformado por 18 personas** que son el 6,64% de la muestra), **todos son de género masculino**, además se analiza que 7 (2,58%) tienen como *mayor nivel de formación la maestría* y están distribuidos así: 1 en rango de edad entre los 40 a 46 años, 2 en rango de edad entre los 47 a 53 años, 3 en rango de edad entre los 54 a 60 años y 1 en rango de edad entre los 61 a 67 años; 4 (1,48%) tienen como *mayor nivel de formación la especialización* y están distribuidos así: 1 en rango de edad entre los 40 a 46 años, 1 en rango de edad entre los 47 a 53 años, 1 en rango de edad entre los 54 a 60 años y 1 en rango de edad entre los 61 a 67 años y 7 (2,58%) tienen como *mayor nivel de formación el universitario* y están distribuidos así: 3 en rango de edad entre los 47 a 53 años y 4 en rango de edad entre los 54 a 60 años.

Para el **grupo de clientes** (que está **conformado por 18 personas** que son el 6,64% de la muestra), **9 de las personas que respondieron son de género femenino (3,32%)**, de las cuales 2 (0,74%) tienen como mayor nivel de formación el doctorado (1 en un rango de edad entre los 33 a 39 años y 1 en un rango de edad entre los 40 a 46 años); 1 (0,37%) tiene como mayor nivel de formación la especialización (en un rango de edad entre los 40 a 46 años); 4 (1,48%) tienen como mayor nivel de formación el universitario (1 en rango de edad entre los 18 a 25 años, 1 en rango de edad entre los 26 a 32 años y 2 en rango de edad entre los 33 a 39 años); 1 (0,37%) tiene como mayor nivel de formación tecnólogo (en un rango de edad entre los 54 a 60 años) y 1 (0,37%) tiene como mayor nivel de formación la secundaria (en un rango de edad entre los 18 a 25 años). **Las otras 9 personas (3,32%) son de género masculino**, de las cuales 1 (0,37%) tiene como mayor nivel de formación la especialización (en un rango de edad entre los 40 a 46 años); 2 (0,74%) tienen como mayor nivel de formación el universitario (los 2 en rango de edad entre los 33 a 39 años); 1 (0,37%) tiene como mayor nivel de formación el técnico (en un rango de edad entre los 18 a 25 años) y 5 (1,85%) tiene como mayor nivel de formación la secundaria (1 en rango de edad entre los 26 a 32 años y 2 en rango de edad entre los 33 a 39 años, 1 en rango de edad entre los 47 a 53 años y 1 en rango de edad entre los 54 a 60 años).

Para el **grupo de colaboradores** (que está **conformado por 116 personas** que son el 42,80% de la muestra), **40 de las personas que respondieron son de género femenino (14,76%) y 76 (28,04%) son de género masculino**. De las personas de género femenino que respondieron la encuesta, 1 (0,37%) tiene como mayor nivel de formación la maestría (en un rango de edad entre los 33 a 39 años); 6 (2,21%) tienen como mayor nivel de formación la especialización (2 en rango de edad entre los 26 a 32 años, 2 en rango de edad entre los 33 a 39 años, 1 en rango de edad entre los 40 a 46 años y 1 en rango de edad entre los 54 a 60 años); 19 (7,01%) tienen como mayor nivel de formación el universitario (6 en rango de edad entre los 18 a 25 años, 9 en rango de edad entre los 26 a 32 años, 1 en rango de edad entre los 33 a 39 años, 2 en rango de edad entre los 40 a 46 años y 1 en rango de edad entre los 54 a 60 años); 4 (1,48%) tienen como mayor nivel de formación tecnólogo (1 en rango de edad entre los 18 a 25 años, 2 en rango de edad entre los 26 a 32 años y 1 en rango de edad entre los 47 a 53 años); 8 (2,95%) tienen como mayor nivel de formación

técnico (5 en rango de edad entre los 18 a 25 años, 1 en rango de edad entre los 26 a 32 años, 1 en rango de edad entre los 47 a 53 años y 1 en rango de edad entre los 54 a 60 años) y 2 (0,74%) tienen como mayor nivel de formación la secundaria (1 en rango de edad entre los 26 a 32 años y 1 en rango de edad entre los 33 a 39 años). De las personas de género masculino que respondieron la encuesta, 6 (2,21%) tienen como mayor nivel de formación la maestría (2 en rango de edad entre los 18 a 25 años, 3 en rango de edad entre los 26 a 32 años y 1 en rango de edad entre los 33 a 39 años); 4 (1,48%) tienen como mayor nivel de formación la especialización (1 en rango de edad entre los 26 a 32 años, 1 en rango de edad entre los 33 a 39 años y 2 en rango de edad entre los 40 a 46 años); 22 (8,12%) tienen como mayor nivel de formación el universitario (5 en rango de edad entre los 18 a 25 años, 9 en rango de edad entre los 26 a 32 años, 3 en rango de edad entre los 33 a 39 años, 3 en rango de edad entre los 40 a 46 años y 1 en rango de edad entre los 47 a 53 años); 15 (5,54%) tienen como mayor nivel de formación tecnólogo (4 en rango de edad entre los 18 a 25 años, 4 en rango de edad entre los 26 a 32 años, 4 en rango de edad entre los 40 a 46 años, 1 en rango de edad entre los 47 a 53 años y 2 en rango de edad entre los 54 a 60 años); 12 (4,43%) tienen como mayor nivel de formación técnico (5 en rango de edad entre los 18 a 25 años, 2 en rango de edad entre los 26 a 32 años, 1 en rango de edad entre los 33 a 39 años, 1 en rango de edad entre los 40 a 46 años y 3 en rango de edad entre los 47 a 53 años); 15 (5,54%) tienen como mayor nivel de formación la secundaria (6 en rango de edad entre los 18 a 25 años, 3 en rango de edad entre los 26 a 32 años, 2 en rango de edad entre los 33 a 39 años y 4 en rango de edad entre los 54 a 60 años) y 2 (0,74%) tienen como mayor nivel de formación la primaria (1 en un rango de edad entre los 33 a 39 años y 1 en un rango de edad entre los 40 a 46 años).

Para la **comunidad** (que está **conformado por 50 personas** que son el 18,45% de la muestra), **21 de las personas que respondieron son de género femenino** (7,75%) y **29 (10,70%) son de género masculino**. De las personas de género femenino que respondieron la encuesta, 1 (0,37%) tiene como mayor nivel de formación el doctorado (en un rango de edad entre los 33 a 39 años); 3 (1,11%) tienen como mayor nivel de formación la maestría (todas en un rango de edad entre los 40 a 46 años); 4 (1,48%) tienen como mayor nivel de formación la especialización (1 en rango de edad entre los 26 a 32 años, 2 en un rango de edad entre los 40 a 46 años y 1 en un rango de edad entre los 40 a 46 años); 5 (1,85%) tienen como mayor nivel de formación el universitario (1 en rango de edad entre los 18 a 25 años, 1 en rango de edad entre los 26 a 32 años, 2 en rango de edad entre los 33 a 39 años y 1 en rango de edad entre los 40 a 46 años); 4 (1,48%) tienen como mayor nivel de formación tecnólogo (3 en rango de edad entre los 18 a 25 años y 1 no respondió el rango de edad); 3 tienen como mayor nivel de formación técnico (1 en rango de edad entre los 18 a 25 años, 1 en rango de edad entre los 26 a 32 años y 1 en rango de edad entre los 40 a 46 años); 1 (0,37%) tiene como mayor nivel de formación la secundaria (en rango de edad entre los 26 a 32 años). De las personas de género masculino que respondieron la encuesta, 1 (0,37%) tiene como mayor nivel de formación el doctorado (en un rango de edad entre los 54 a 60 años); 3 (1,11%) tienen como mayor nivel de formación la maestría (1 en rango de edad entre los 26 a 32 años y 2 en rango de edad entre los 40 a 46 años); 3 (1,11%) tienen como mayor nivel de formación la especialización (2 en rango de edad entre los 40 a 46 años y 1 en rango de edad entre los 47 a 53 años); 4 (1,48%) tienen como mayor nivel de formación el universitario (1 en rango de edad entre los 18 a 25 años, 1 en rango de edad entre los 33 a 39 años, 1 en rango de edad entre los 47 a 53 años y 1 en rango de edad entre los 61 a 67 años); 4 (1,48%) tienen como mayor nivel de formación tecnólogo (1 en rango de edad entre los 26 a 32 años, 1 en rango de edad entre los 33 a 39 años y 2 en rango de edad entre los 40 a 46 años); 5 (1,85%) tienen como mayor nivel de formación

técnico (1 en rango de edad entre los 18 a 25 años, 2 en rango de edad entre los 26 a 32 años, 1 en rango de edad entre los 33 a 39 años, y 1 en rango de edad entre los 54 a 60 años); 8 (2,95%) tienen como mayor nivel de formación la secundaria (4 en rango de edad entre los 18 a 25 años, 2 en rango de edad entre los 26 a 32 años, 1 en rango de edad entre los 33 a 39 años y 1 en rango de edad entre los 40 a 46 años) y 1 (0,37%) tiene como mayor nivel de formación la primaria (en un rango de edad entre los 18 a 25 años).

El **grupo de estado** está **conformado por 3 personas de género masculino** (1,11% de la muestra); se analiza que 1 (0,37%) tiene como *mayor nivel de formación la maestría* (en un rango de edad entre los 61 a 67 años); 1 (0,37%) tiene como *mayor nivel de formación el universitario* (en rango de edad entre los 54 a 60 años) y 1 (0,37%) tiene como *mayor nivel de formación la secundaria* (en rango de edad entre los 18 a 25 años).

El **grupo de gremios** está **conformado por 3 personas** (1,11% de la muestra), 2 (0,74%) son de género femenino y 1 (0,37%) es de género masculino; se analiza que de las 2 personas de género femenino, una 1 (0,37%) tiene como *mayor nivel de formación la especialización* (en un rango de edad entre los 26 a 32 años) y una 1 (0,37%) tiene como *mayor nivel de formación la tecnóloga* (en rango de edad entre los 33 a 39 años). La persona de género masculino tiene como *mayor nivel de formación el universitario* (en rango de edad entre los 18 a 25 años).

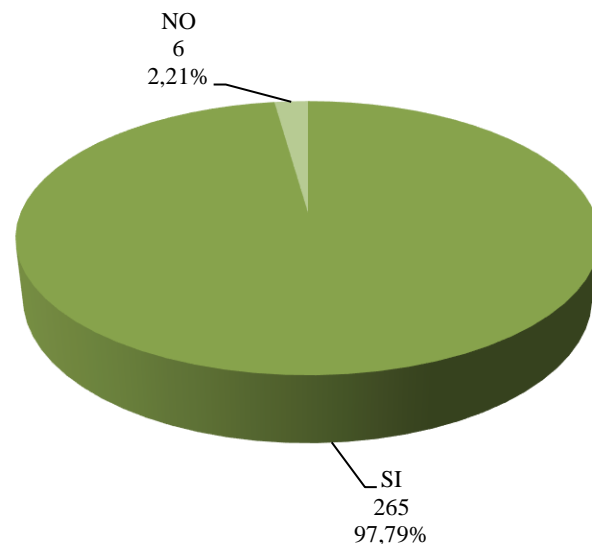
Para el **grupo de proveedores** (que está **conformado por 63 personas** que son el 23,25% de la muestra), **36 de las personas que respondieron son de género femenino** (13,28%) y **27 (9,96%) son de género masculino**. De las personas de género femenino que respondieron la encuesta, 7 (2,58%) tienen como mayor nivel de formación la especialización (1 en rango de edad entre los 18 a 25 años, 2 en rango de edad entre los 26 a 32 años, 2 en rango de edad entre los 33 a 39 años y 2 en rango de edad entre los 40 a 46 años); 13 (4,80%) tienen como mayor nivel de formación el universitario (3 en rango de edad entre los 18 a 25 años, 3 en rango de edad entre los 26 a 32 años, 2 en rango de edad entre los 33 a 39 años, 4 en rango de edad entre los 40 a 46 años y 1 en rango de edad entre los 47 a 53 años); 10 (3,69%) tienen como mayor nivel de formación tecnólogo (2 en rango de edad entre los 18 a 25 años, 5 en rango de edad entre los 26 a 32 años, 2 en rango de edad entre los 40 a 46 años y 1 en rango de edad entre los 47 a 53 años); 4 (1,48%) tienen como mayor nivel de formación técnico (2 en rango de edad entre los 18 a 25 años, 1 en rango de edad entre los 33 a 39 años y 1 en rango de edad entre los 40 a 46 años) y 2 (0,74%) tienen como mayor nivel de formación la secundaria (1 en rango de edad entre los 26 a 32 años y 1 en rango de edad entre los 47 a 53 años). De las personas de género masculino que respondieron la encuesta, 3 (1,11%) tienen como mayor nivel de formación la maestría (1 en rango de edad entre los 40 a 46 años y 2 son mayores de 67 años); 2 (0,74%) tienen como mayor nivel de formación la especialización (en rango de edad entre los 47 a 53 años); 7 (2,58%) tienen como mayor nivel de formación el universitario (2 en rango de edad entre los 18 a 25 años, 1 en rango de edad entre los 26 a 32 años, 1 en rango de edad entre los 33 a 39 años, 1 en rango de edad entre los 40 a 46 años y 2 en rango de edad entre los 47 a 53 años); 5 (1,85%) tienen como mayor nivel de formación tecnólogo (1 en rango de edad entre los 18 a 25 años, 1 en rango de edad entre los 26 a 32 años, 2 en rango de edad entre los 40 a 46 años y 1 en rango de edad entre los 47 a 53 años); 5 (1,85%) tienen como mayor nivel de formación técnico (1 en rango de edad entre los 18 a 25 años, 2 en rango de edad entre los 47 a 53 años, 1 en rango de edad entre los 61 a 67 años y uno, mayor de 67 años); 3 (1,11%) tienen como mayor nivel de formación la secundaria (1 en rango de edad entre

los 33 a 39 años, 1 en rango de edad entre los 40 a 46 años y 1 en un rango de edad entre los 61 a 67 años); 1 (0,37%) tienen como mayor nivel de formación la primaria (en un rango de edad entre los 54 a 60 años, 1 en rango de edad entre los 40 a 46 años y 1 en un rango de edad entre los 61 a 67 años) y hubo una persona en un rango de edad entre los 33 a 39 años que no respondió el nivel de formación.

#### 4.2.2 Conocimientos sobre Responsabilidad Social Empresarial (RSE) y su aplicación en el ingenio del estudio de caso

##### 4.2.2.1 Conocimiento sobre el concepto de responsabilidad social empresarial

Al analizar las respuestas de las 271 personas que diligenciaron la encuesta, se identifica que el 97,79% asegura conocer que es la responsabilidad social empresarial y un 2,21% no sabe. Ver la distribución de respuestas en la Figura 13.



**Figura 13. Distribución por conocimiento sobre el concepto de RSE**

Fuente: El autor, 2017

La Tabla 19 presenta la distribución por conocimiento sobre el concepto de RSE, en la muestra del análisis.

**Tabla 19. Distribución por conocimiento sobre el concepto de RSE**

Opciones de respuesta	Frecuencia	Porcentaje
Si	265	97,79%
No	6	2,21%
<b>Total muestra</b>	<b>271</b>	<b>100,00%</b>

Fuente: El autor, 2017

#### 4.2.2.2 Conocimiento sobre la aplicación de la Responsabilidad Social Empresarial (RSE) en el ingenio del estudio de caso

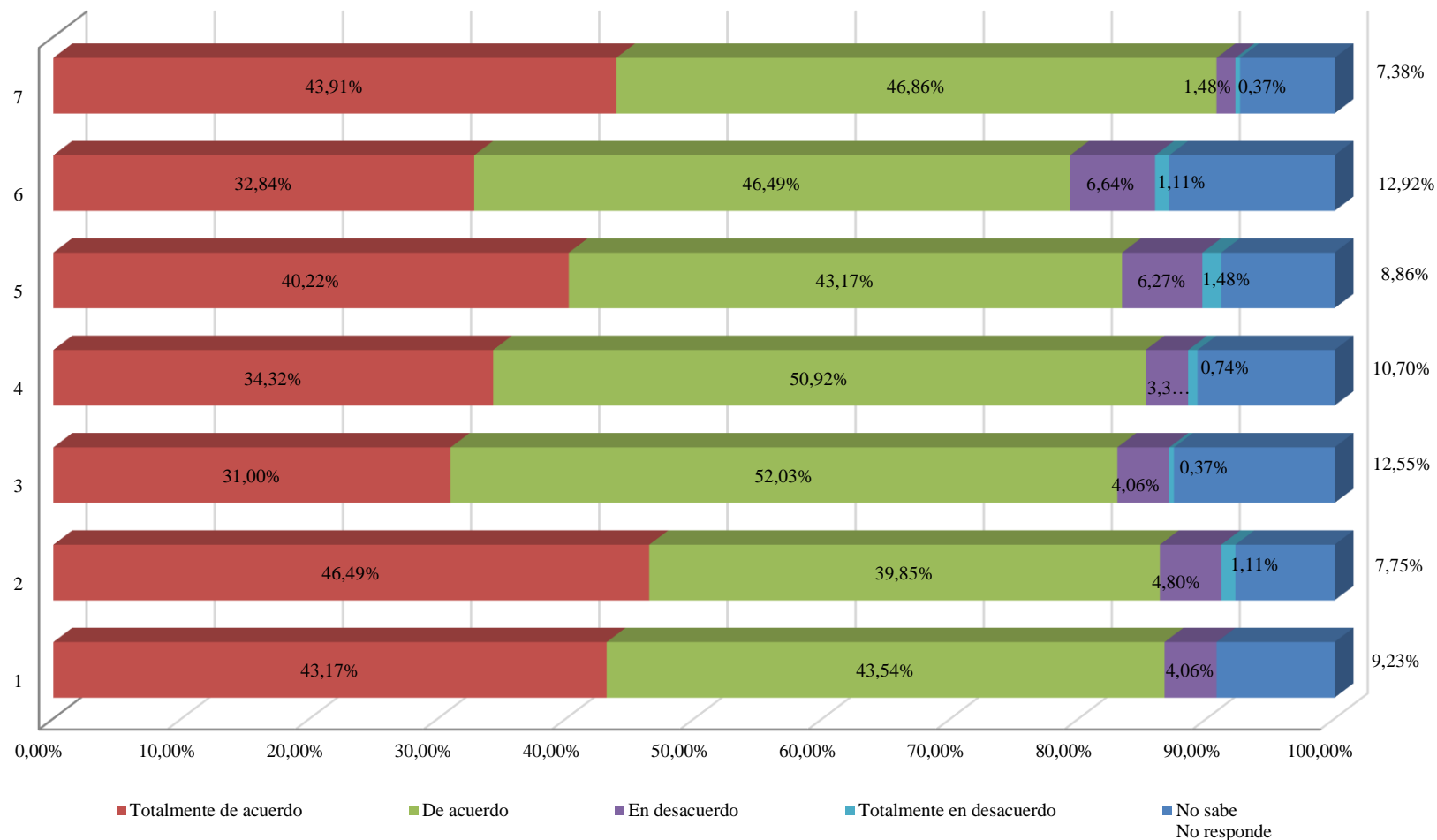
Las respuestas frente a la aplicación de la responsabilidad social empresarial (RSE), se analizaron sobre las 271 personas que respondieron, y se presentan en la Tabla 20 y en la Figura 14. Las preguntas formuladas respecto al conocimiento sobre la aplicación de la responsabilidad social empresarial (RSE) en el Ingenio del caso de estudio tuvieron como opción de respuestas: Totalmente de acuerdo, De acuerdo, En desacuerdo y Totalmente en desacuerdo y las mismas fueron: **1.** El Ingenio es socialmente responsable; **2.** La ubicación del Ingenio ha aportado al desarrollo de su área de influencia; **3.** El aspecto económico de la responsabilidad social empresarial del Ingenio, se evidencia en el plan social en beneficio de las comunidades; **4.** La responsabilidad social empresarial del Ingenio, cubre aspectos sociales como prácticas laborales justas y un código de ética y buen gobierno; **5.** La responsabilidad social empresarial del Ingenio, cubre aspectos ambientales como la protección a los recursos y a la biodiversidad; **6.** La implementación de la responsabilidad social empresarial en el Ingenio, ha contribuido a combatir la discriminación y ha aportado a lograr la igualdad de oportunidades de todas las personas; **7.** El Ingenio ha contribuido a fortalecer el concepto de seguridad y salud en el trabajo al interior de la Organización y en sus grupos de interés.

**Tabla 20. Distribución por conocimientos sobre la aplicación de la RSE en el ingenio del estudio de caso**

	1		2		3		4		5		6		7	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Totalmente de acuerdo	117	43,17%	126	46,49%	84	31,00%	93	34,32%	109	40,22%	89	32,84%	119	43,91%
De acuerdo	118	43,54%	108	39,85%	141	52,03%	138	50,92%	117	43,17%	126	46,49%	127	46,86%
En desacuerdo	11	4,06%	13	4,80%	11	4,06%	9	3,32%	17	6,27%	18	6,64%	4	1,48%
Totalmente en desacuerdo	0	0,00%	3	1,11%	1	0,37%	2	0,74%	4	1,48%	3	1,11%	1	0,37%
No sabe	25	9,23%	21	7,75%	34	12,55%	29	10,70%	24	8,86%	35	12,92%	20	7,38%
No responde														
<b>Total muestra</b>	<b>271</b>	<b>100,00%</b>	<b>271</b>	<b>100,00%</b>	<b>271</b>	<b>100,00%</b>	<b>271</b>	<b>100,00%</b>	<b>271</b>	<b>100,00%</b>	<b>271</b>	<b>100,00%</b>	<b>271</b>	<b>100,00%</b>

Fuente: El autor, 2017

La Figura 14 presenta las respuestas de los grupos de interés de la aplicación del concepto de RSE.



**Figura 14. Distribución por conocimientos sobre la aplicación de la RSE en el ingenio del estudio de caso**

Fuente: El autor, 2017



4.2.2.3 Relación de las variables: Grupos de interés, conocimiento sobre el concepto de responsabilidad social empresarial y el concepto sobre si el ingenio del estudio de caso es socialmente responsable

En la Tabla 21 se presenta la relación de las variables: Grupos de interés, Conocimiento sobre el concepto de responsabilidad social empresarial y Concepto sobre si el ingenio del estudio de caso es socialmente responsable (con opciones de respuesta: Totalmente de Acuerdo, De Acuerdo, En Desacuerdo, Totalmente en Desacuerdo y No Sabe/No Responde).

**Tabla 21. Relación de las variables: Grupos de interés, conocimiento sobre el concepto de responsabilidad social empresarial y el concepto sobre si el ingenio del estudio de caso es socialmente responsable**

<i>EL INGENIO ES SOCIALMENTE RESPONSABLE</i>	NO SABE QUE ES RESPONSABILIDAD SOCIAL EMPRESARIAL		SI SABE QUE ES RESPONSABILIDAD SOCIAL EMPRESARIAL		TOTAL GENERAL	TOTAL GENERAL
	N°	%	N°	%	N°	%
<b>ACCIONISTA</b>			<b>18</b>	<b>6,64%</b>	<b>18</b>	<b>6,64%</b>
TOTALMENTE DE ACUERDO			18	6,64%	18	6,64%
<b>CLIENTES</b>	<b>2</b>	<b>0,74%</b>	<b>16</b>	<b>5,90%</b>	<b>18</b>	<b>6,64%</b>
TOTALMENTE DE ACUERDO			7	2,58%	7	2,58%
DE ACUERDO			6	2,21%	6	2,21%
NO SABE/NO RESPONDE	2	0,74%	3	1,11%	5	1,85%
<b>COLABORADOR</b>			<b>116</b>	<b>42,80%</b>	<b>116</b>	<b>42,80%</b>
TOTALMENTE DE ACUERDO			47	17,34%	47	17,34%
DE ACUERDO			66	24,35%	66	24,35%
EN DESACUERDO			3	1,11%	3	1,11%
<b>COMUNIDAD</b>			<b>50</b>	<b>18,45%</b>	<b>50</b>	<b>18,45%</b>
TOTALMENTE DE ACUERDO			17	6,27%	17	6,27%
DE ACUERDO			18	6,64%	18	6,64%
EN DESACUERDO			4	1,48%	4	1,48%
NO SABE/NO RESPONDE			11	4,06%	11	4,06%
<b>ESTADO</b>			<b>3</b>	<b>1,11%</b>	<b>3</b>	<b>1,11%</b>
TOTALMENTE DE ACUERDO			1	0,37%	1	0,37%
EN DESACUERDO			1	0,37%	1	0,37%
NO SABE/NO RESPONDE			1	0,37%	1	0,37%
<b>GREMIO</b>			<b>3</b>	<b>1,11%</b>	<b>3</b>	<b>1,11%</b>
TOTALMENTE DE ACUERDO			1	0,37%	1	0,37%
DE ACUERDO			2	0,74%	2	0,74%
<b>PROVEEDOR</b>	<b>4</b>	<b>1,48%</b>	<b>59</b>	<b>21,77%</b>	<b>63</b>	<b>23,25%</b>
TOTALMENTE DE ACUERDO			26	9,59%	26	9,59%
DE ACUERDO			26	9,59%	26	9,59%
EN DESACUERDO			3	1,11%	3	1,11%
NO SABE/NO RESPONDE	4	1,48%	4	1,48%	8	2,95%
<b>Total general</b>	<b>6</b>	<b>2,21%</b>	<b>265</b>	<b>97,79%</b>	<b>271</b>	<b>100,00%</b>

Se analiza que para el **grupo de accionistas** (que está **conformado por 18 personas** que son el 6,64% de la muestra), todas afirman saber que es responsabilidad social empresarial; además, los 18 están totalmente de acuerdo que el ingenio del estudio de caso es socialmente responsable.

Para el **grupo de clientes** (que está **conformado por 18 personas** que son el 6,64% de la muestra), 16 (5,90%) afirman saber que es responsabilidad social empresarial (de ellos, 7 están totalmente de acuerdo que el Ingenio del estudio de caso es socialmente responsable, 6 están de acuerdo y 3 no saben ó no responden); las otras 2 personas dicen no saber que es responsabilidad social empresarial, por tanto ellas no saben ó no responden si el ingenio del estudio de caso es socialmente responsable.

Para el **grupo de colaboradores** (que está **conformado por 116 personas** que son el 42,80% de la muestra), todas afirman saber que es responsabilidad social empresarial (47 personas están totalmente de acuerdo que el ingenio del estudio de caso es socialmente responsable, 66 están de acuerdo y 3 están en desacuerdo).

Para la **comunidad** (que está **conformado por 50 personas** que son el 18,45% de la muestra), todas afirman saber que es responsabilidad social empresarial (17 personas están totalmente de acuerdo que el ingenio del estudio de caso es socialmente responsable, 18 están de acuerdo, 4 están en desacuerdo y 11 no saben ó no responden).

El **grupo de estado** está **conformado por 3 personas** (1,11% de la muestra); todas afirman saber que es responsabilidad social empresarial (1 está totalmente de acuerdo que el ingenio del estudio de caso es socialmente responsable, 1 está en desacuerdo y 1 no sabe ó no responde).

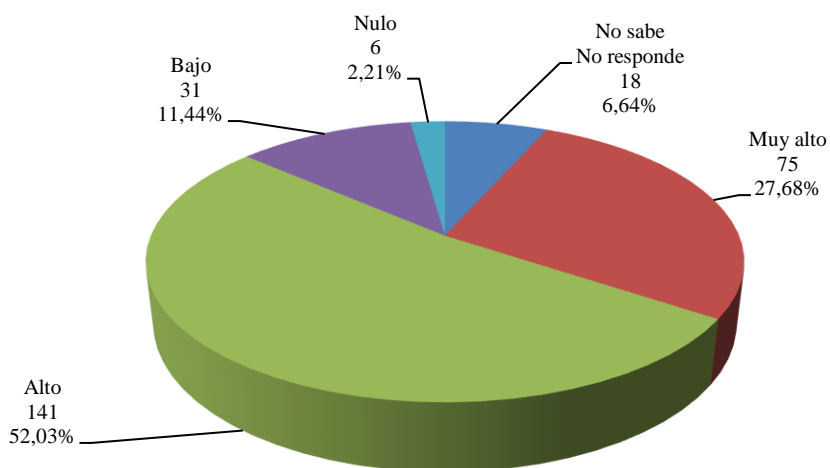
El **grupo de gremios** está **conformado por 3 personas** (1,11% de la muestra), todas afirman saber que es responsabilidad social empresarial (1 está totalmente de acuerdo que el ingenio del estudio de caso es socialmente responsable y 2 están de acuerdo).

Para el **grupo de proveedores** (que está **conformado por 63 personas** que son el 23,25% de la muestra), 59 (21,77%) afirman saber que es responsabilidad social empresarial (de ellos, 26 están totalmente de acuerdo que el Ingenio del estudio de caso es socialmente responsable, 26 están de acuerdo, 3 están en desacuerdo y 8 no saben ó no responden); las otras 4 personas dicen no saber que es responsabilidad social empresarial, por tanto ellas no saben ó no responden si el ingenio del estudio de caso es socialmente responsable.

### 4.2.3 Componente ambiental de la Responsabilidad Social Empresarial (RSE) en el ingenio del estudio de caso

#### 4.2.3.1 Grado de conocimiento y gestión del Ingenio, para reducir el impacto ambiental que generan sus operaciones

La Figura 15 evidencia que para el concepto de los 271 encuestados, un 53,21% asegura que el Ingenio tiene un alto grado de conocimiento y gestión, para reducir el impacto ambiental.



**Figura 15. Distribución por grado de conocimiento y gestión de Ingenio, para reducir el impacto ambiental**

Fuente: El autor, 2017

La Tabla 22 presenta la distribución por grado de conocimiento y gestión del ingenio del estudio de caso., para reducir el impacto ambiental, en la muestra del análisis.

**Tabla 22. Grado de conocimiento y gestión del Ingenio, para reducir el impacto ambiental**

Opciones de respuesta	Frecuencia	Porcentaje
Muy alto	75	27,68%
Alto	141	52,03%
Bajo	31	11,44%
Nulo	6	2,21%
No sabe, No responde	18	6,64%
<b>Total muestra</b>	<b>271</b>	<b>100,00%</b>

Fuente: El autor, 2017

Las personas asocian en mayor medida la RSE a las acciones encaminadas a reducir el impacto ambiental de las empresas del sector de la caña de azúcar; del resultado de la encuesta se evidencia que el concepto que tienen frente a la gestión del Ingenio del caso de estudio está entre muy alto y alto (78,49%).

#### 4.2.3.2 Conocimiento del componente ambiental de la Responsabilidad Social Empresarial (RSE) en el ingenio del estudio de caso

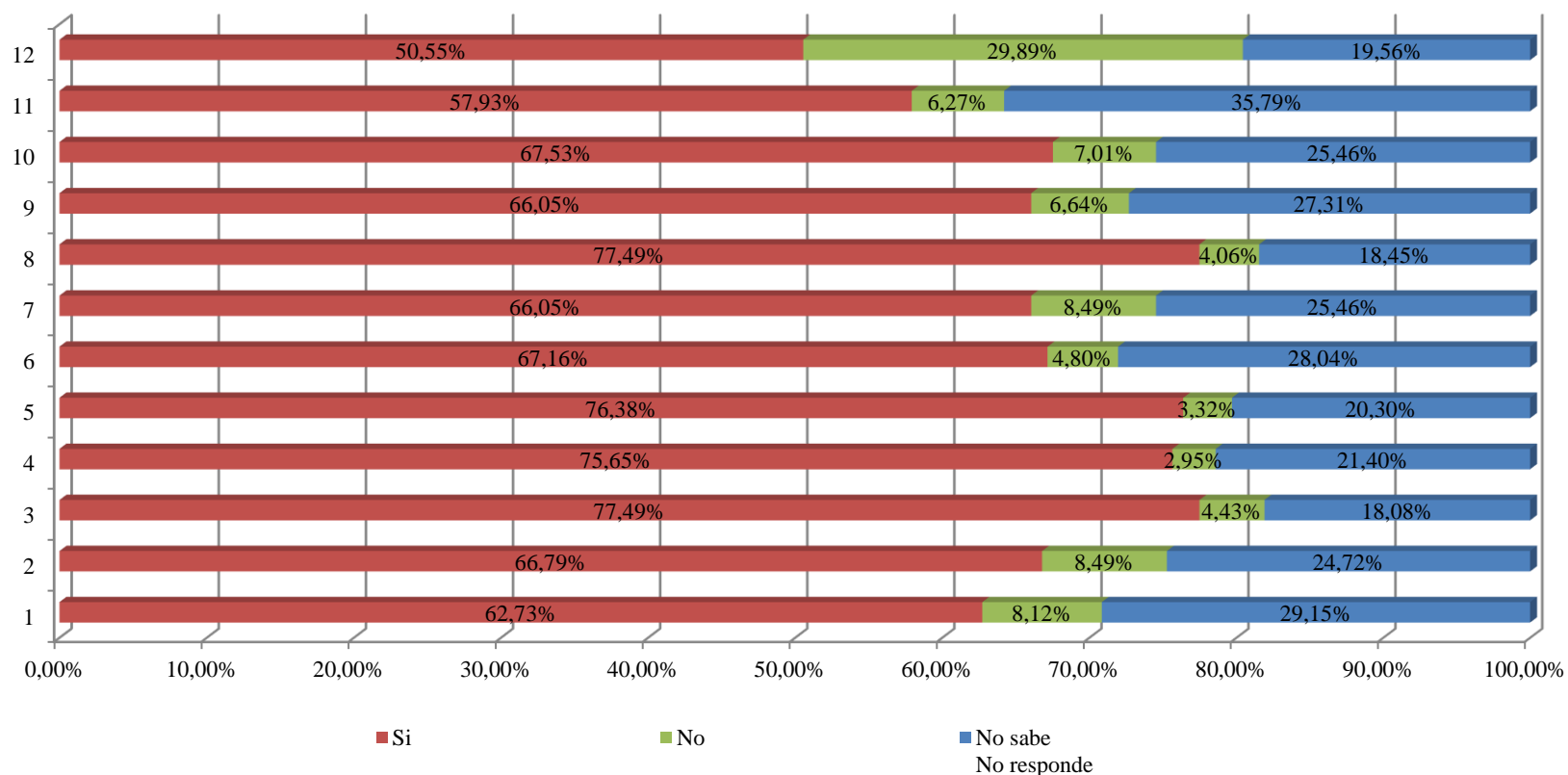
Las respuestas frente al conocimiento del componente ambiental de la responsabilidad social empresarial (RSE) en el Ingenio se presentan en la Tabla 23 y en la Figura 16 y se analizaron sobre las 271 personas que respondieron la encuesta. Las preguntas formuladas respecto al Ingenio del caso de estudio fueron: **1.** El Ingenio participa en forma activa en los grupos de trabajo orientados a resolver temas de interés público del área ambiental; **2.** Tiene certificaciones y reconocimientos ambientales; **3.** Tiene establecida una política ambiental consistente con la naturaleza y características de la Organización; **4.** Hace cumplimiento a la legislación ambiental que le aplica; **5.** Hace análisis de su gestión ambiental; **6.** Hace análisis de la energía generada, la energía consumida y la energía vendida; **7.** Tiene implementado y hace seguimiento al Programas de uso eficiente y ahorro del agua; **8.** Tiene implementados programas de aprovechamiento y reciclado de residuos; **9.** Tiene implementados programas de control y seguimiento a emisiones y vertimientos; **10.** Tiene implementados programas de sensibilización y capacitación sobre la gestión ambiental que realiza; **11.** Hace público el informe de sostenibilidad anualmente, para fortalecer las relaciones con los grupos de interés; **12.** Ha leído el informe de sostenibilidad que publica el Ingenio Risaralda S.A.

**Tabla 23. Distribución por conocimiento sobre el componente ambiental de la RSE en IRISA**

	<b>1</b>		<b>2</b>		<b>3</b>		<b>4</b>		<b>5</b>		<b>6</b>	
	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%
Si	170	62,73%	181	66,79%	210	77,49%	205	75,65%	207	76,38%	182	67,16%
No	22	8,12%	23	8,49%	12	4,43%	8	2,95%	9	3,32%	13	4,80%
No sabe	79	29,15%	67	24,72%	49	18,08%	58	21,40%	55	20,30%	76	28,04%
No responde												
<b>Total muestra</b>	<b>271</b>	<b>100,00%</b>	<b>271</b>	<b>100,00%</b>	<b>271</b>	<b>100,00%</b>	<b>271</b>	<b>100,00%</b>	<b>271</b>	<b>100,00%</b>	<b>271</b>	<b>100,00%</b>
	<b>7</b>		<b>8</b>		<b>9</b>		<b>10</b>		<b>11</b>		<b>12</b>	
	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%
Si	179	66,05%	210	77,49%	179	66,05%	183	67,53%	157	57,93%	137	50,55%
No	23	8,49%	11	4,06%	18	6,64%	19	7,01%	17	6,27%	81	29,89%
No sabe	69	25,46%	50	18,45%	74	27,31%	69	25,46%	97	35,79%	53	19,56%
No responde												
<b>Total muestra</b>	<b>271</b>	<b>100,00%</b>	<b>271</b>	<b>100,00%</b>	<b>271</b>	<b>100,00%</b>	<b>271</b>	<b>100,00%</b>	<b>271</b>	<b>100,00%</b>	<b>271</b>	<b>100,00%</b>

Fuente: El autor, 2017

La Figura 16 presenta las respuestas de los grupos de interés sobre conocimiento sobre el componente ambiental de la RSE en el ingenio del estudio de caso



**Figura 16. Distribución por conocimiento sobre el componente ambiental de la RSE en el ingenio del estudio de caso**

Fuente: El autor, 2017

4.2.3.3 Relación de las variables: Grupos de interés, conocimiento del informe de sostenibilidad que publica el ingenio del estudio de caso y su grado de conocimiento y gestión, para reducir el impacto ambiental

En la Tabla 24, se presenta la relación de las variables: Grupos de interés, conocimiento del informe de sostenibilidad que publica el Ingenio y el grado de conocimiento y gestión, para reducir el impacto ambiental (con opciones de respuesta: Muy alto, Alto, Bajo, Nulo y No Sabe/No Responde).

**Tabla 24. Relación de las variables: Grupos de interés, conocimiento del informe de sostenibilidad que publica el Ingenio y su grado de conocimiento y gestión, para reducir el impacto ambiental**

Grado de conocimiento y gestión de IRISA, para reducir el impacto ambiental	CONOCE EL INFORME DE SOSTENIBILIDAD DEL INGENIO						TOTAL GENERAL N°	TOTAL GENERAL %
	NO		SI		NO SABE/NO RESPONDE			
	N°	%	N°	%	N°	%		
ACCIONISTA			18	6,64%			18	6,64%
MUY ALTO			12	4,43%			12	4,43%
ALTO			6	2,21%			6	2,21%
CLIENTES	8	2,95%	5	1,85%	5	1,85%	18	6,64%
MUY ALTO	1	0,37%	2	0,74%	1	0,37%	4	1,48%
ALTO	5	1,85%	3	1,11%	1	0,37%	9	3,32%
BAJO	2	0,74%			1	0,37%	3	1,11%
NO SABE/NO RESPONDE					2	0,74%	2	0,74%
COLABORADOR	31	11,44%	73	26,94%	12	4,43%	116	42,80%
MUY ALTO	5	1,85%	21	7,75%	2	0,74%	28	10,33%
ALTO	22	8,12%	47	17,34%	6	2,21%	75	27,68%
BAJO	3	1,11%	5	1,85%	3	1,11%	11	4,06%
NULO					1	0,37%	1	0,37%
NO SABE/NO RESPONDE	1	0,37%					1	0,37%
COMUNIDAD	16	5,90%	13	4,80%	21	7,75%	50	18,45%
MUY ALTO	3	1,11%	5	1,85%	1	0,37%	9	3,32%
ALTO	6	2,21%	6	2,21%	8	2,95%	20	7,38%
BAJO	4	1,48%	1	0,37%	2	0,74%	7	2,58%
NULO	2	0,74%			3	1,11%	5	1,85%
NO SABE/NO RESPONDE	1	0,37%	1	0,37%	7	2,58%	9	3,32%
ESTADO	1	0,37%	1	0,37%	1	0,37%	3	1,11%
MUY ALTO			1	0,37%			1	0,37%
BAJO	1	0,37%			1	0,37%	2	0,74%
GREMIO			2	0,74%	1	0,37%	3	1,11%
MUY ALTO			1	0,37%			1	0,37%
ALTO			1	0,37%	1	0,37%	2	0,74%
PROVEEDOR	25	9,23%	25	9,23%	13	4,80%	63	23,25%
MUY ALTO	6	2,21%	11	4,06%	3	1,11%	20	7,38%
ALTO	14	5,17%	13	4,80%	2	0,74%	29	10,70%
BAJO	4	1,48%	1	0,37%	3	1,11%	8	2,95%
NO SABE/NO RESPONDE	1	0,37%			5	1,85%	6	2,21%
Total general	81	29,89%	137	50,55%	53	19,56%	271	100,00%

Se analiza que para el **grupo de accionistas** (que está **conformado por 18 personas** que son el 6,64% de la muestra), todas afirman conocer el informe de sostenibilidad que publica el ingenio del estudio de caso; además, 12 consideran que el grado de conocimiento y gestión de Ingenio, para reducir el impacto ambiental es *muy alto* y 6 consideran que es *alto*.

Para el **grupo de clientes** (que está **conformado por 18 personas** que son el 6,64% de la muestra), 8 (2,95%) afirman no conocer el informe de sostenibilidad que publica el ingenio del estudio de caso (de ellos, 1 considera que el grado de conocimiento y gestión de Ingenio, para reducir el impacto ambiental es *muy alto*, 5 consideran que es *alto* y 2 que es *bajo*); 5 (1,85%) afirman si conocer el informe de sostenibilidad que publica el ingenio del estudio de caso (de ellos, 2 consideran que el grado de conocimiento y gestión de Ingenio, para reducir el impacto ambiental es *muy alto* y 3 consideran que es *alto*); las otras 5 personas (1,85%) no saben ó no responden respecto a conocer el informe de sostenibilidad que publica el ingenio del estudio de caso (de ellos, 1 considera que el grado de conocimiento y gestión de Ingenio, para reducir el impacto ambiental es *muy alto*, 1 considera que es *alto*, 1 que es *bajo* y 2 *no saben ó no responden*).

Para el **grupo de colaboradores** (que está **conformado por 116 personas** que son el 42,80% de la muestra), 31 (11,44%) afirman no conocer el informe de sostenibilidad que publica el ingenio del estudio de caso (de ellos, 5 consideran que el grado de conocimiento y gestión de Ingenio, para reducir el impacto ambiental es *muy alto*, 22 consideran que es *alto*, 3 que es *bajo* y 1 *no sabe ó no responde*); 73 (26,94%) afirman si conocer el informe de sostenibilidad que publica el ingenio del estudio de caso (de ellos, 21 consideran que el grado de conocimiento y gestión de Ingenio, para reducir el impacto ambiental es *muy alto*, 47 consideran que es *alto* y 1 que es *bajo*); las otras 12 personas (4,43%) no saben ó no responden respecto a conocer el informe de sostenibilidad que publica el ingenio del estudio de caso (de ellos, 2 consideran que el grado de conocimiento y gestión de Ingenio, para reducir el impacto ambiental es *muy alto*, 6 consideran que es *alto*, 3 que es *bajo* y 1 que es *nulo*).

Para la **comunidad** (que está **conformado por 50 personas** que son el 18,45% de la muestra), 16 (5,90%) afirman no conocer el informe de sostenibilidad que publica el ingenio del estudio de caso (de ellos, 3 consideran que el grado de conocimiento y gestión de Ingenio, para reducir el impacto ambiental es *muy alto*, 6 consideran que es *alto*, 4 que es *bajo*, 2 que es *nulo* y 1 *no sabe ó no responde*); 13 (4,80%) afirman si conocer el informe de sostenibilidad que publica el ingenio del estudio de caso (de ellos, 5 consideran que el grado de conocimiento y gestión de Ingenio, para reducir el impacto ambiental es *muy alto*, 6 consideran que es *alto*, 1 que es *bajo* y 1 *no sabe ó no responde*); las otras 21 personas (7,75%) no saben ó no responden respecto a conocer el informe de sostenibilidad que publica el ingenio del estudio de caso (de ellos, 1 considera que el grado de conocimiento y gestión de Ingenio, para reducir el impacto ambiental es *muy alto*, 8 consideran que es *alto*, 2 que es *bajo*, 3 que es *nulo* y 7 *no saben ó no responden*).

El **grupo de estado** está **conformado por 3 personas** (1,11% de la muestra); 1 (0,37%) afirma no conocer el informe de sostenibilidad que publica el ingenio del estudio de caso (considera que el grado de conocimiento y gestión de Ingenio, para reducir el impacto ambiental *bajo*); 1 (0,37%) afirma si conocer el informe de sostenibilidad que publica el ingenio del estudio de caso (considera que el grado de conocimiento y gestión de Ingenio, para reducir el impacto ambiental es *muy alto*); la otra persona, (0,37%), no sabe ó no responde respecto a conocer el informe de sostenibilidad

que publica el ingenio del estudio de caso (dice que el grado de conocimiento y gestión de Ingenio, para reducir el impacto ambiental es *bajo*).

El **grupo de gremios** está **conformado por 3 personas** (1,11% de la muestra), 2 (0,74%) afirman si conocer el informe de sostenibilidad que publica el ingenio del estudio de caso (1 considera que el grado de conocimiento y gestión de Ingenio, para reducir el impacto ambiental es *muy alto* y 1 considera que es *alto*); la otra persona, (0,37%), no sabe ó no responde respecto a conocer el informe de sostenibilidad que publica el ingenio del estudio de caso (dice que el grado de conocimiento y gestión de Ingenio, para reducir el impacto ambiental es *alto*).

Para el **grupo de proveedores** (que está **conformado por 63 personas** que son el 23,25% de la muestra), 25 (9,23%) afirman no conocer el informe de sostenibilidad que publica el ingenio del estudio de caso (de ellos, 6 consideran que el grado de conocimiento y gestión de Ingenio, para reducir el impacto ambiental es *muy alto*, 14 consideran que es *alto*, 4 que es *bajo* y 1 *no sabe ó no responde*); 25 (9,23%) afirman si conocer el informe de sostenibilidad que publica el ingenio del estudio de caso (de ellos, 11 consideran que el grado de conocimiento y gestión de Ingenio, para reducir el impacto ambiental es *muy alto*, 13 consideran que es *alto* y 1 que es *bajo*); las otras 13 personas (4,80%) no saben ó no responden respecto a conocer el informe de sostenibilidad que publica el ingenio del estudio de caso (de ellos, 3 consideran que el grado de conocimiento y gestión de Ingenio, para reducir el impacto ambiental es *muy alto*, 2 consideran que es *alto*, 3 que es *bajo*, y 5 *no saben ó no responden*).

#### 4.3 SÍNTESIS DEL CAPÍTULO

En este capítulo, se desarrolló la primera fase de la estructura metodológica principal presentada en el Capítulo 3. En la primera parte se evidencian los grupos de interés que fueron objetivo de análisis y la distribución muestral; en la segunda parte se analizó la percepción sobre la responsabilidad social empresarial en el contexto ambiental que consideró tres grupos de información, así: análisis del encuestado; conocimientos sobre responsabilidad social empresarial y aplicación en el ingenio del estudio de caso; y finalmente, el componente ambiental de la responsabilidad social empresarial.

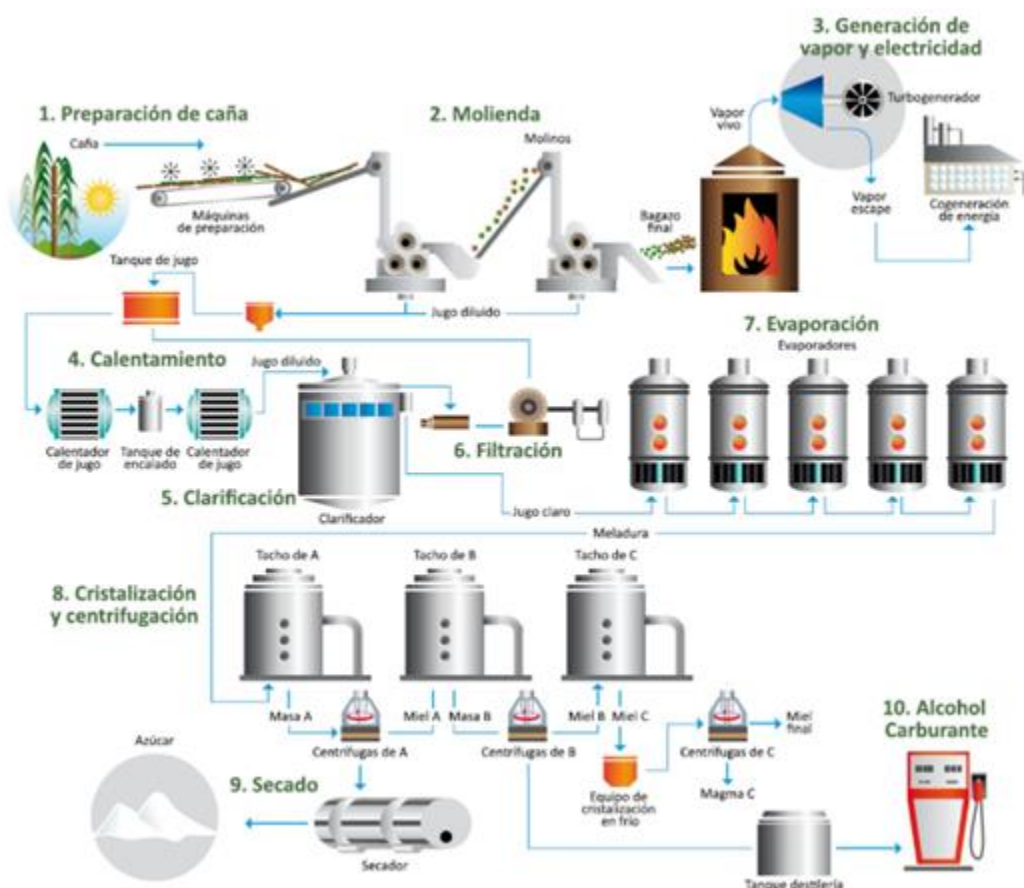
Los hallazgos de la encuesta que se aplicó en este estudio muestran que los encuestados percibieron que las fortalezas son: ubicación de los ingenios en relación con el cultivo lo que ofrece un amplio potencial de materia prima y un posible fortalecimiento de la seguridad energética para reducir la dependencia de las importaciones de petróleo. Las debilidades clave para el desarrollo de biocombustibles identificadas por las partes interesadas fueron: el impacto ambiental potencial que causa la producción y los impactos potenciales de los biocombustibles a nivel nacional en seguridad alimentaria. Las percepciones anteriores de las partes interesadas proporcionan nuevas ideas y abordan las deficiencias del mercado y las políticas actuales para promover aún más el desarrollo de biocombustibles. Para que Colombia cumpla sus objetivos de energía alternativa, dicho desarrollo debe equilibrar los impactos positivos y negativos, incluidas las preocupaciones económicas, sociales y ambientales.



## 5 ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA PARA EL BIOETANOL PRODUCIDO EN EL INGENIO DEL ESTUDIO DE CASO, CON ALCANCE DE LA CUNA A LA PUERTA

### 5.1 SISTEMA BAJO ESTUDIO

El sistema estudiado comprendió la cadena productiva para la obtención del bioetanol, comenzando desde el cultivo de la materia prima (caña de azúcar). El estudio se dividió en los procesos de campo, cosecha, fábrica, cogeneración y destilería, los cuales, a su vez, están subdivididos en diferentes subprocesos.



**Figura 17. Proceso Productivo del Ingenio Risaralda S.A.**

Fuente: Ingenio Risaralda S.A. (s.f.). Proceso productivo del Ingenio Risaralda S.A. Recuperado en marzo de 2017 de la web: <https://www.ingeniorisaralda.com/es/ipaginas/ver/124/proceso-productivo/>

El Ingenio Risaralda S.A., en conjunto con la Fundación para el mejoramiento de la productividad del cultivo de la caña de azúcar (FUNDEAGRO) y el Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (CENICAÑA), en el año 2006, estructuró una guía que ofrece una orientación concreta para la implementación de las labores críticas del cultivo de la caña de azúcar, con referencia a las condiciones de las tierras y el clima en la zona de influencia del Ingenio, desde la preparación del terreno para la siembra hasta el levantamiento de la plantilla o la soca. Además,

se analizó la información de la página web y se establecieron conversaciones con los expertos de cada labor.

Es importante resaltar que el Ingenio, además de cumplir con la legislación ambiental nacional vigente, también debe cumplir con la establecida por las siguientes corporaciones: la Corporación Autónoma Regional de Risaralda (CARDER), la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) y la Corporación Autónoma Regional de Caldas (CORPOCALDAS), por tener vinculados terrenos en su área de influencia.

### **5.1.1 Descripción del proceso de campo**

En general en los ingenios colombianos, lo primero que se hace es realizar visitas previas a los predios, para seleccionar las áreas potenciales para ser vinculadas, considerando los siguientes parámetros: distancia del predio al ingenio, infraestructura vial, topografía del terreno, tipo de suelos, sistema de drenajes, fuentes de agua para riego y áreas de restricción para quemas y aplicación de madurantes. Adicionalmente, se verifica la conformidad del uso del suelo del predio a vincular, lo anterior con el fin que no se presenten conflictos de uso del suelo, en especial con áreas de zonificación ambiental definidos en los Planes de Ordenamiento Territorial (POT) y en los Esquemas de Ordenamiento Territorial (EOT).

Después de seleccionados los predios, se define el tipo de contratación o vinculación. Según Rosas y Tobón (2008), el sistema de suministro de caña de azúcar a los ingenios, tanto para la producción de azúcar como de bioetanol, está bastante organizado y su estructura está fundamentada en distintas formas de vinculación entre los agricultores y las plantas procesadoras. A continuación se describen, en general, los tipos de contratos:

- **Contratos de compraventa:** En primer término, los contratos de caña de azúcar se aplican a los agricultores que realizan directamente y por su cuenta las labores propias de la producción, tales como la preparación de las tierras y la dotación de la infraestructura requerida; pagar los costos del proceso productivo; aplicar las prácticas agronómicas de acuerdo con los parámetros recomendados por CENICAÑA. En su calidad de proveedores independientes, tienen una relación estrictamente comercial con los ingenios. El plazo de estos contratos de compraventa está íntimamente asociado al ciclo productivo del cultivo. Generalmente se pactan a un término coincidente con la duración de las cepas, aproximadamente 8 años. En la mayoría de los casos se establecen cláusulas de exclusividad para la venta de la caña.
- **Contratos de cuentas en participación:** En este caso el propietario entrega su tierra al ingenio, para que este se haga responsable desde la siembra hasta la cosecha de la caña. Contrario a lo que sucede en los contratos de compraventa, los dueños de las tierras no participan de manera alguna en el proceso productivo. Los ingenios asumen plenamente el conjunto de labores requeridas para la producción de la caña de azúcar, así como la totalidad de sus costos. Los propietarios de la tierra reciben una remuneración que también está referida a un cierto número de kilogramos de azúcar por tonelada producida en el predio. De la misma forma que para la modalidad de compraventa, el pago de la caña en

los contratos de cuentas en participación varía según la capacidad de producción de cada predio y los costos de las actividades de corte y transporte. Para esta tipo de contrato existe un factor adicional que también condiciona los términos de cada negociación. Es el referido al valor de las inversiones de adecuación de los predios que, con alguna frecuencia, se incorporan en los contratos de cuentas en participación. Se trata en esencia de facilitar que los ingenios realicen a su costo, obras de adecuación, básicamente de nivelación, riego y drenaje, cuyo valor se descuenta al valor de referencia ya señalado. La duración de los contratos de cuentas en participación tradicionalmente se pacta a un plazo fijo de 10 años. Al final del período las cepas de la caña de azúcar pasan a ser propiedad del dueño de la tierra.

- Contratos de arrendamiento de tierras: Bajo esta modalidad los propietarios de la tierra reciben un valor fijo o canon de arrendamiento por hectárea sembrada, el que se pacta en un cierto número de kilogramos de azúcar. El parámetro de referencia utilizado es 120 kilogramos de azúcar por mes por hectárea arrendada, aunque también se firman contratos en los que se pactan cifras diferentes, con una dispersión aún mayor que en las dos modalidades anteriores.
- Contratos de administración de tierras: Finalmente, los contratos de administración se aplican a un número muy reducido y especial de proveedores, casi siempre vinculados de manera directa a la propiedad de los ingenios. Consiste en ceder la administración del cultivo a un ingenio para que este se encargue de la siembra, mantenimiento y cosecha de la plantación, a cambio de una especie de comisión. Esta comisión es un porcentaje determinado del costo total de las actividades que realiza el ingenio. Usualmente se pacta entre el 5% y el 8% del total. Se puede afirmar que en todos los contratos el pago de la caña está referido a un cierto número de kilogramos de azúcar por tonelada de caña producida. Para cada una de ellas existe un parámetro de referencia que constituye una guía para las negociaciones individuales, las cuales se ajustan por diversos factores técnicos y económicos inherentes al proceso productivo de la caña de azúcar. Cabe mencionar que bajo cualquiera de las modalidades contractuales, el bagazo de la caña y la miel final (o melaza) son subproductos del proceso industrial y por ello se consideran de propiedad de los ingenios.

Los tipos de vinculación de predios al ingenio estudiado, se presenta en la Tabla 25.

**Tabla 25. Tipos de vinculación de predios al ingenio del estudio de caso**

DEPTO	MUNICIPIO	PROPIO		ARRENDAMIENTO		PARTICIPACIÓN		SUMINISTRO		TOTAL ÁREA NETA	TOTAL ÁREA BRUTA
		ÁREA NETA	ÁREA BRUTA	ÁREA NETA	ÁREA BRUTA	ÁREA NETA	ÁREA BRUTA	ÁREA NETA	ÁREA BRUTA		
CALDAS	ANSERMA					70,46	85,91			70,46	85,91
	BELALCAZAR			20,19	24,86	16,36	24,18	65,6	78,19	102,15	127,23
	RISARALDA							33,68	40,41	33,68	40,41
	SAN JOSÉ					14,29	17,5	178,06	214,59	192,35	232,09
	VITERBO	53,93	62,64	39,04	48,39	305,04	364,33	2407,03	2784,41	2805,04	3259,77
	<b>Total Caldas</b>	53,93	62,64	59,23	73,25	406,15	491,92	2684,37	3117,6	3203,68	3745,41
	BALBOA	130,69	149,5			433,33	504,87	1043,53	1206,36	1607,55	1860,73

DEPTO	MUNICIPIO	PROPIO		ARRENDAMIENTO		PARTICIPACIÓN		SUMINISTRO		TOTAL	TOTAL
		ÁREA NETA	ÁREA BRUTA	ÁREA NETA	ÁREA BRUTA	ÁREA NETA	ÁREA BRUTA	ÁREA NETA	ÁREA BRUTA	ÁREA NETA	ÁREA BRUTA
RISARALDA	BELEN DE UMBRIA			62,96	87,88					62,96	87,88
	LA VIRGINIA					208,97	252,89	60,38	72,92	269,35	325,81
	PEREIRA							39,7	48,19	39,7	48,19
	SANTUARIO	51,67	61,76			60,24	70,68	816,42	951,82	928,33	1084,26
	<b>Total Risaralda</b>	<b>182,36</b>	<b>211,26</b>	<b>62,96</b>	<b>87,88</b>	<b>702,54</b>	<b>828,44</b>	<b>1960,03</b>	<b>2279,29</b>	<b>2907,89</b>	<b>3406,87</b>
VALLE DEL CAUCA	ANSERMANUEVO	50,04	56,68	43,8	50,61	104,12	120,71	1469,06	1698,29	1667,02	1926,29
	CARTAGO	57,68	68,43	94,35	109	1338,31	1547,73	2429,35	2753,21	3919,69	4478,37
	LA UNIÓN	73,1	84,38			50,53	57,5	194,06	220,81	317,69	362,69
	LA VICTORIA					242	280,88			242	280,88
	OBANDO	45,63	54,25			1020,93	1176,87	1336,89	1510,16	2403,45	2741,28
	ROLDANILLO			55,66	62,91			22,34	24,36	78	87,27
	TORO	372,12	436,66	98,52	113,54	230,74	282,67	616,26	696,18	1317,64	1529,05
	<b>Total Valle del Cauca</b>	<b>598,57</b>	<b>700,4</b>	<b>292,33</b>	<b>336,06</b>	<b>2986,63</b>	<b>3466,36</b>	<b>6067,96</b>	<b>6903,01</b>	<b>9945,49</b>	<b>11405,83</b>
	<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>834,86</b>	<b>974,3</b>	<b>414,52</b>	<b>497,19</b>	<b>4095,32</b>	<b>4786,72</b>	<b>10712,36</b>	<b>12299,9</b>	<b>16057,06</b>	<b>18558,11</b>

Para establecer un cultivo de caña de azúcar, se deben realizar obras de adecuación del terreno y labores de preparación del suelo, definidas de acuerdo con levantamientos topográficos previos, y estudios hidrológicos y agrológicos, principalmente.



**Foto 1. Cultivos de caña de azúcar**

Fuente: El autor, 2016.

El cañicultor propietario del predio y la persona responsable de la producción deben conocer las características agroecológicas que predominan en las suertes donde se establecerá el cultivo: su climatología, la textura, profundidad y fertilidad del suelo, el balance hidrológico en el suelo, el agua disponible en los distintos meses y su relación con las etapas de desarrollo de la caña, el entorno físico en cuanto a recursos naturales, actividades productivas, infraestructura comunitaria, entre otros aspectos.

Este conocimiento es básico y se requiere para seleccionar las variedades de caña de azúcar de mejor adaptación en cada suerte. De acuerdo con la variedad escogida, el productor define el programa general de labores y sus especificaciones. En la Tabla 26 se presenta el cronograma, con los rangos de tiempo que recomienda el sector para la ejecución de las labores de levantamiento del cultivo en plantilla y soca.

**Tabla 26. Cronograma de labores para el levantamiento del cultivo**

<b>LABOR</b>	<b>PLANTILLA (dds: días después de siembra)</b>	<b>SOCA (ddc: días después del corte)</b>
Resiembra con trozos	30 a 60 dds	15 a 20 ddc
Resiembra con macollos o plántulas	90 a 120 dds	90 a 120 ddc
Riego de germinación	3 a 5 dds	
Riego de levantamiento (cosecha entre 12 y 14 meses)	45 a 60 dds a 10 meses	60 dds a 10 meses
Roturación: escarificación o subsuelo	40 dds	15 a 30 ddc
Cultivo – abono o fertilización mecánica	45 a 75 dds	45 a 60 ddc
Aporque o desterronada	50 a 80 dds	45 a 60 ddc
Mantenimiento de orilleras	Después del aporque y hasta los 10 meses	Después del aporque y hasta los 10 meses
Mantenimiento de canales de riego y drenaje	120 dds a 10 meses	1 ddc a 10 meses
Fertilización manual (durante la siembra)	Antes de depositar semilla	
Fertilización manual (levantamiento)	45 a 90 dds	45 a 90 ddc
Fertilización líquida	30 a 120 dds	30 a 120 ddc
Abonamiento orgánico (durante la siembra)	Antes de depositar semilla	
Abonamiento orgánico (levantamiento)	45 a 90 dds	45 a 90 ddc
Control químico de malezas	8 a 60 dds	45 a 120 ddc
Control manual	60 a 150 dds	60 a 150 ddc
Encalle mecánico de residuos de cosecha		1 a 8 ddc
Encalle manual de residuos de cosecha		1 a 8 ddc

Fuente: Ingenio Risaralda S.A. Fundación para el mejoramiento de la productividad del cultivo de la caña de azúcar (FUNDEAGRO). Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (CENICAÑA). (2006). Guía para el control de calidad de las labores de cultivo de la caña de azúcar. Ingenio Risaralda S.A., Balboa, Risaralda.

#### 5.1.1.1 Destrucción de cepas

La destrucción de cepas de caña y otra vegetación existente en el lote, se realiza después de haber retirado los residuos de la cosecha, en el caso de renovaciones. En aquellos sitios donde se siembra caña por primera vez, la labor se realiza después de haber retirado escombros o piedras y haber guadañado. El objetivo de la labor es destruir las cepas del cultivo anterior e incorporar este material vegetal al suelo, con el fin de facilitar la adecuación y preparación del terreno.

**Tabla 27. Equipos y herramientas para destrucción de cepas**

	Potencia (HP)
Guadaña	≥80
Rastra de 10 discos x 36''	>156
Rastra de 12 discos x 36''	>156
Rastra de 24 discos x 28''	>156
Rastra de 24 discos x 28''	>156

#### 5.1.1.2 Nivelación del terreno

La nivelación del terreno se realiza luego de destruir las cepas de caña o cultivos anteriores e incorporar este material vegetal al suelo. El objetivo de la labor, es dar al terreno una pendiente que permita la evacuación eficiente de las aguas de escorrentía y facilite el del riego por gravedad.

**Tabla 28. Equipos y herramientas para nivelación del terreno**

	Potencia (HP)
Bulldózer	90 - 120
Motoniveladora	100 - 120

#### 5.1.1.3 Preparación del terreno

Para la preparación del terreno se tiene dos opciones: una, es realizar la secuencia de la labranza del sistema convencional, que involucra las labores de subsuelo, cincelada, desterronada, pulida y surcada. La otra, utilizada en el Ingenio Risaralda, consiste en una secuencia de labranza reducida que incluye las labores mecánicas de destrucción de cepas, desterronada, pulida y surcada del terreno; se utiliza para la renovación de plantaciones de caña en lotes que no requieren ser adecuados nuevamente.

#### a. SISTEMA CONVENCIONAL

**Subsuelo:** La secuencia de labores para la preparación comienza con la subsolación, la cual exige que el terreno esté nivelado y limpio. El objetivo es roturar y descompactar el suelo para mejorar sus condiciones físicas y de aireación.

**Tabla 29. Equipos y herramientas para subsolar**

	Potencia (HP)
Subsolador cenitándem	200 – 250
Subsolador semiparabólico	150 – 200
Subsolador parabólico	150 – 200

**Cincelada:** Se realiza después de la labor de subsuelo, con el objetivo de arar y complementar la roturación y descompactación del suelo.

**Tabla 30. Equipos y herramientas para cincelar**

	Potencia (HP)
Arado de cincel de 5 vástagos	150 - 200
Arado de cincel de 7 vástagos	>200

**Desterronada y pulida:** Esta labor se realiza antes de la conformación de los surcos para roturar el suelo y reducir el diámetro de los terrones que han quedado después del arado con cincel. El objetivo es preparar el suelo para que los surcos puedan ser conformados de manera adecuada y la labor sea eficiente.

**Tabla 31. Equipos y herramientas para desterronada y pulida**

	Potencia (HP)
Rastra de 36 discos x 24"	>180
Rastra de 36 discos x 26"	>180
Rastra de 24 discos x 24"	120 - 180
Rastra de 24 discos x 26"	120 - 180
Rastra de 48 discos x 24"	>200
Rastra de 48 discos x 26"	>200

**Surcada:** En el sistema de preparación convencional, la surcada del terreno se lleva a cabo una vez el suelo está perfectamente mullido y suelto. El objetivo de la labor es conformar los surcos (cama) para acomodar los trozos de caña durante la siembra, de acuerdo con la distancia entre surcos y la profundidad de siembra.

**Tabla 32. Equipos y herramientas para surcada**

	Potencia (HP)
Surcador de 3 cuerpos	90 - 110
Surcador de 2 cuerpos	90 - 110

## **b. SISTEMA DE LABRANZA REDUCIDA**

El objetivo de la labranza reducida es preparar el terreno para la siembra de caña con el mínimo de labores mecánicas, disminuyendo con ello el grado de compactación de los suelos y los costos de producción. En plantaciones de caña recién cosechadas, donde se decide renovar el cultivo y no es necesario nivelar el terreno para la siembra, se procede con la siguiente secuencia de labores:

**Destrucción de cepas:** se realiza con rastras pesadas y el número de pases se determina según el grado de destrucción de la cepa del cultivo anterior.

**Desterronada y pulida del terreno:** para lo que se utilizan rastras livianas y el número de pases se determina con base en el grado de roturación (tamaño de los terrones de suelo) que se requiera.

**Surcada del terreno:** para lo que se utilizan surcadoras de dos o tres cuerpos y la distancia entre surcos y la profundidad de los mismos se definen de acuerdo con la textura del suelo.



**Tabla 33. Equipos y herramientas para labranza reducida**

		Potencia (HP)
Rastras pesadas:	12 discos x 32"	200 - 250
	12 discos x 36"	
Rastras levianas:	24 discos x 26"	150 - 200
	48 discos x 26"	
Surcadora de 2 o 3 cuerpos		90 - 110

#### 5.1.1.4 Siembra

La siembra se realiza una vez se encuentran conformados los surcos; incluye las tareas de descargue de los paquetes de semilla en el lote, el acomodo de la semilla en el surco y su tapada. El objetivo de la labor es establecer el cultivo.

**Foto 2. Semillas de caña de azúcar**

Fuente: El autor, 2016.

**Tabla 34. Cantidad de paquetes de semilla requerida por hectárea según la distancia entre surcos y la distancia entre paquetes de semilla.**

Distancia entre surcos (m)	Distancia entre paquetes de semilla: estaqueado o bandereo (m)	Paquetes de semilla por hectárea	Longitud de surco (m/ha)
1.50	10	666	6666
1.50	11	606	
1.50	12	555	
1.50	13	508	
1.50	14	476	
1.65	10	606	6060
1.65	11	550	
1.65	12	505	
1.75	10	571	5714
1.75	11	519	
1.75	12	476	



**Tabla 35. Equipos y herramientas para siembra**

	Potencia (HP)
Vagón semillero	80 - 120
Equipo tapador de semilla	80 - 120
Azadón	-
Pala	-

#### 5.1.1.5 Resiembra

Para la labor se utilizan trozos de tallos, macollos o plántulas. En plantilla, la resiembra con trozos se realiza entre los 30 y 50 días después de la siembra, mientras que la resiembra con macollos o plántulas se realiza entre los 90 y 120 días. En socas, se lleva a cabo después de haber encallado los residuos de la cosecha; entre 15 y 20 días después del corte cuando se utilizan tallos y entre 90 y 120 días cuando se utilizan macollos. El objetivo de la labor es asegurar una buena densidad de población de tallos, ubicando semilla en los sitios donde no hubo germinación.

**Tabla 36. Equipos y herramientas para resiembra**

	Potencia (HP)
Vagón semillero	100 - 150
Azadón	-
Pala	-

#### 5.1.1.6 Riego

##### a. RIEGO POR ASPERSIÓN

En plantilla se aplican riegos de germinación y riegos de levantamiento del cultivo desde los 45 ó 60 días de edad de la caña y hasta los 10 meses de edad. En soca, las aplicaciones de riego comienzan a los 60 días después del corte y se suspenden a los 10 meses de edad del cultivo. Las indicaciones anteriores corresponden a cañas cosechadas entre 12 y 14 meses de edad. La programación de los riegos de levantamiento se debe realizar mediante el cálculo del balance hídrico en el suelo. El objetivo de la labor es suministrar al cultivo el volumen de agua necesario en el momento oportuno, para lograr un buen desarrollo de las plantas y alta productividad.

A manera de ejemplo, se presentan las características de un equipo semiportátil de riego por aspersión y a continuación los accesorios y equipos complementarios que se requieren para realizar el riego

**Tabla 37. Especificaciones de un equipo semiportátil de riego por aspersión**

	Especificaciones
Caudal de agua	1000 gal/min (66 L/seg)
Presión de operación de la bomba	80 a 110 psi (5.4 a 7.5 bares)
Revoluciones por minuto	1400 a 1800 rpm
Presión de operación del rociador	70 a 80 psi (4.8 a 5.4 bares)
Lámina neta de aplicación	12 a 14 mm/h
Diámetro de la tubería de conducción	6'' (15.24 cm)

Especificaciones	
Distancia entre posición de los aspersores	54 m (6 tubos)
Distancia entre líneas de los aspersores	45 m (5 tubos)
Distancia motobomba al último aspersor	Hasta 1000 m
Carga de succión	< 9 m <sup>3</sup>
Posición de los aspersores (cañón)	Uno lo más cercano a la bomba centrífuga; y el otro, lo más alejado posible, sin exceder los 1000 m para minimizar pérdidas por presión. La llave de distribución, llave T, debe estar lo más cercana posible de la motobomba y cada cañón debe tener su propia línea de conducción.

**Tabla 38. Características de los accesorios y la maquinaria para el riego por aspersión con el equipo semiportátil descrito**

Especificaciones	
Tubería de succión	Diámetro de 8'' (20.3 cm) con longitud entre 6 m y 9 m. Viene en aluminio o en caucho reforzado y se usa para unir la granada con la bomba.
Codos en acero	Diámetro de 8'' (20.3 cm) y ángulo de 45°. Se usan para acoplar el tubo de succión con la bomba centrífuga.
Cuello de cisne	Viene en aluminio y se usa para acoplar la tubería de conducción de 6'' (15.24 cm) con la bomba centrífuga.
Codos en acero	Diámetro de 6'' (15.24 cm) y ángulo de 90°. Se utilizan para los cambios de dirección en las líneas laterales de conducción.
Tubería de conducción	Diámetro de 6'' (15.24 cm) y longitud de 9 m. Es de acero y viene con acoples de acero, empaques y resortes.
Llave T de control o llave de distribución	Es de acero y tiene dos válvulas. Se utiliza para la distribución de las dos líneas laterales de los aspersores.
Válvulas de descarga o válvulas “cheque”	Diámetro de 6'' (15.24 cm). Se utilizan para evitar contrapresiones o devoluciones de caudal.
Aspersores o cañones	Producen la lluvia artificial del riego en un diámetro húmedo de 90 m a 120 m y una intensidad de aplicación entre $12 \text{ mm/h}$ y $14 \text{ mm/h}$
Trípodes	Diámetro de 6'' (15.24 cm). Se utilizan para sostener los aspersores de riego.
Remolque para tubería	Conocido también como “cureña” o “zancudo”. Se usa para transportar los tubos de riego.
Tractor	Entre 100 HP y 120 HP. Se utiliza para transportar la motobomba, tubería y accesorios.

A continuación, se presentan fotos de la captación de agua para riego.



**Foto 3. Captación y conducción de agua para riego**

Fuente: El autor, 2016.

## b. RIEGO POR GRAVEDAD O SUPERFICIE

En caña plantilla se aplican riegos de germinación y riegos de levantamiento del cultivo desde los 45 ó 60 días de edad de la caña y hasta los 10 meses de edad. En socas, las aplicaciones de riego comienzan 60 días después del corte y se suspenden a los 10 meses de edad del cultivo. Las indicaciones anteriores corresponden a cañas cosechadas entre 12 y 14 meses de edad. La programación de los riegos de levantamiento se debe realizar mediante el cálculo del balance hídrico en el suelo. El objetivo de la labor es suministrar al cultivo el volumen de agua necesario en el momento oportuno, para lograr un buen desarrollo de las plantas y alta productividad.

**Tabla 39. Equipos y herramientas para riego por gravedad o superficie**

	Acequia	Tubería
Reloj de pulsera	SI	SI
Palas	SI	SI
Sifones (2'' y 3'')	SI	
Lona o estacas de guadua (para trinchos)	SI	
Aforador RBC de agua por surco	SI	SI
Tractor de 80 HP com remolque para transportar tuberías y accesorios		SI

	Acequia	Tubería
Sacabocados para abrir orificios en los politubulares		SI
Llave para abrir válvula de hidrante		SI
Compuertas plásticas (solo al instalar politubulares por primera vez)		SI

#### 5.1.1.7 Labores mecánicas

##### a. ROTURACIÓN: ESCARIFICACIÓN O SUBSUELO

En plantillas se realiza a los 40 días después de la siembra y en socas, entre los 15 y 30 días después del corte. Dependiendo de la textura del suelo y su grado de compactación, la roturación se realiza con equipo escarificador o con subsolador. El objetivo de la labor es roturar y descompactar el suelo para mejorar sus condiciones físicas y de aireación.

**Tabla 40. Equipos y herramientas para roturación**

	Potencia (HP)
Cultivador o escarificador triple	120 – 150 transmisión sencilla
Subsolador semiparabólico	150 – 200
Subsolador parabólico	150 – 200
Subsolador recto	150 – 200
Subsolador cenitándem	200 – 250
Subsuelo subesca	200 – 250

##### b. CULTIVO - ABONO O FERTILIZACIÓN MECÁNICA

En plantilla se realiza entre los 45 y 75 días después de la siembra; en soca, entre los 45 y 60 días después del corte. El objetivo de la fertilización mecánica es depositar e incorporar el fertilizante en la zona radicular y contribuir a mejorar las condiciones físicas del suelo.



**Foto 4. Carga del tractor para fertilización**

Fuente: El autor, 2016.

**Tabla 41. Equipos y herramientas para cultivo - abono**

	Potencia (HP)
Tractor para la aplicación (con doble transmisión o sin ella, según las condiciones del terreno)	150 – 170
Tractor para el transporte de fertilizantes	80 - 90
Equipo de cultivo – abono	-
Carro tolva	-
Vagón para cargar abono	-
Lonas para mezclar el abono (en caso necesario)	-
Herramienta necesaria para calibrar el equipo	-
Báscula portátil	-
Elementos de protección personal	-

**Foto 5. Fertilización**

Fuente: El autor, 2016.

### c. APORQUE O DESTERRONADO

Se realiza después de la fertilización mecánica. En plantilla, entre los 50 y 80 días después de la siembra; en soca, entre los 45 y 60 días después del corte. El objetivo de la labor es acumular suelo o tierra en la base de las cepas para mejorar el anclaje de la planta, desterronar el suelo, mejorar las condiciones de drenaje superficial, adecuar los entresurcos para el riego por gravedad y controlar las malezas del entresurco. El equipo para aporque o desterronado es el aporcador de transmisión sencilla (120 HP – 150 HP).

#### 5.1.1.8 Mantenimiento de orilleras y canales de riego y drenaje

### a. MANTENIMIENTO DE ORILLERAS

Se debe realizar inmediatamente terminada la labor de aporque y hasta los 10 meses de edad del cultivo, tanto en plantillas como en socas. El objetivo de la labor es limpiar y/o rectificar las orilleras de la suerte, a fin de adecuarlas para evacuar los excesos de agua.

**Tabla 42. Equipos y herramientas para mantenimiento de orilleras**

	Potencia (HP)
Zanjadora de tres puntos	100
Pala hidráulica	100
Pala (manual)	-

## **b. MANTENIMIENTO DE CANALES DE RIEGO Y DRENAJE**

En plantillas, el mantenimiento se realiza desde los 120 días después de la siembra y hasta los 10 meses de edad del cultivo. En socas, se realiza junto con la labor de encalle, inmediatamente después de la cosecha, y hasta los 10 meses de edad. El objetivo de la labor es limpiar y rectificar los canales cuando las condiciones de sedimentación, limpieza y deterioro de los taludes lo ameriten, con el fin de adecuarlos para conducir el agua de riego o evacuar los excesos. Los equipos y herramientas para mantenimiento de canales de riego y drenaje se encuentran: Equipo de aplicación de herbicidas, guadaña de mano, pala (manual), machete y lima con mango.

### **5.1.1.9 Fertilización**

## **a. FERTILIZACIÓN MECÁNICA**

Se explicó en el numeral de labores mecánicas, específicamente en cultivo - abono o fertilización mecánica

## **b. FERTILIZACIÓN MANUAL**

En plantilla se realiza durante la siembra (antes de depositar la semilla en el surco) y entre los 45 y 90 días de edad del cultivo; en soca, entre los 45 y 90 días después del corte. El objetivo de la fertilización manual es adicionar fertilizante o enmienda al suelo para complementar los requerimientos de nutrientes o suplir el déficit de ellos, con el fin de obtener una mejor productividad. Los equipos y herramientas para fertilización manual son: balde o recipiente para aplicación, abonadoras de espalda o mochilas, palas y carpa lona y elementos de protección personal.

## **c. FERTILIZACIÓN LÍQUIDA**

Se realiza entre los 30 días y los 120 días de edad del cultivo, tanto en plantilla como en soca. El objetivo es adicionar fertilizante líquido al suelo para suplir o complementar los requerimientos nutricionales del cultivo y obtener mejor productividad.

**Tabla 43. Equipos y herramientas para fertilización líquida**

	Potencia (HP)
Tanque de abastecimiento	-
Tractor	100
Vagón	-
Decámetro	-
Elementos de protección personal	-



#### d. ABONAMIENTO ORGÁNICO

En plantilla se realiza durante la siembra (antes de depositar la semilla en el surco) y entre los 45 y 90 días de edad del cultivo; en soca, entre los 45 y 90 días después del corte. El objetivo del abonamiento orgánico es depositar e incorporar abono en la zona radicular para contribuir a mejorar las características físicoquímicas y microbiológicas de los suelos y mejorar la productividad del cultivo.

**Tabla 44. Equipos y herramientas para abonamiento orgánico**

	Potencia (HP)
Tractor para la aplicación (con doble transmisión o sin ella, según las condiciones del terreno).	150 – 170
Equipo para aplicación de abono orgánico.	-
Vagón o volqueta para cargar abono a granel o empacado.	-
Herramienta necesaria para calibrar el equipo abonador.	-
Balanza portátil.	-

##### 5.1.1.10 Control de malezas

#### a. CONTROL QUÍMICO DE MALEZAS

En plantilla se realiza entre los 8 días y los 60 días después de la siembra, en preemergencia o posemergencia temprana de las malezas. En soca se realiza entre los 45 y 120 días después del corte, en posemergencia temprana de las malezas.



**Foto 6. Control de malezas**

Fuente: El autor, 2016.

El objetivo de la labor es controlar las malezas (arvenses) para evitar que compitan por luz, espacio, nutrientes y agua con el cultivo de caña. Los equipos y herramientas para control químico de malezas son: Tanque de abastecimiento con capacidad entre 3000 L y 4500 L o canecas de 55 galones preferiblemente plásticas, para realizar las mezclas, vagón para transporte de equipos,

equipo de emergencia para manejo de derrames (palas, salchichas de contención, arena, tacos de madera para tapar fugas del tanque), bomba de espalda y sus accesorios, balde, manómetro, probeta para calibrar descarga, decámetro, elementos de protección personal.

## b. CONTROL MANUAL DE MALEZAS

Se realiza entre los 60 y 150 días de edad del cultivo, en plantilla y soca. El objetivo de la labor es controlar las malezas (arvenses) para evitar que compitan por luz, espacio, nutrientes y agua con el cultivo de caña. Los equipos y herramientas para control manual de malezas son: pala o azadón y elementos de protección personal

### 5.1.1.11 Aplicación de madurante

Los objetivos básicos de un programa de maduración química son: (1) obtener la máxima recuperación posible de azúcar; (2) estabilizar el contenido de azúcar; (3) obtener una ganancia adicional en un período de tiempo corto, sin deteriorar el cultivo; y (4) reducir la duración del período vegetativo entre cosechas. Según CENICAÑA (1995), en el valle geográfico del río Cauca, el madurante conocido comercialmente con el nombre de Roundup es el más utilizado debido a que presenta buenos resultados en términos de efectividad, persistencia de su actividad y economía. El ingrediente activo de dicho madurante es el Glifosato N (Fosfonometil) Glicina, y se aplican entre 0,75 y 1,5 L/ha del producto comercial. Se dice que dicho compuesto no es volátil y no produce vapores que puedan afectar plantas próximas.

**Tabla 45. Equipos y materiales utilizados en la aplicación de madurantes**

	Potencia (HP)
Equipo de aplicación: Avioneta o equipo liviano	-
Vagón	-
Tractor	70 -90
Tanque con agua	-
Boquillas anti deriva (Aire inducido)	-
Válvulas antigoteo	-
Motobomba estacionaria de 2"	1
Radioteléfono o celular	-
Estaciones Meteorológicas Automatizadas (RMA)	-
Madurante Químico u orgánico	-
Coadyuvantes	-
Canecas plásticas	-
Banderas de señalización	-
GPS	-

**Tabla 46. Variables y especificaciones de la labor**

Condiciones Climáticas	Parámetros	Equipo de Medición
Humedad relativa	>60%	Termo-higrómetro (RMA)
Temperatura	<28°C	Termómetro (RMA)
Velocidad del viento	Menor de 7 km/h (Anemómetro = 1,94 m/s)	Anemómetro (RMA)
Dirección del viento	Contrario a cultivos vecinos	Veleta (RMA)



**Tabla 47. Condiciones técnicas de la labor**

CONDICIONES TECNICAS	REQUISITO	
	EQUIPO LIVIANO	AVIONETA
Altura de Vuelo sobre el cultivo	3-4 m	3-4 m
Ancho de faja	18 m	20 m
Velocidad de vuelo	55-60 MPH	100 MPH
Presión de aplicación	10 – 30 PSI	15-30 PSI
Tamaño de las gotas	> 400 micras	500 micras
pH del agua	6.5 – 7.0	6.5 – 7.0
Número de gotas por cm <sup>2</sup>	4 gotas	10 gotas
Volumen de mezcla	4,2-10,0 L/ha	5,0 L/ha-8 gal/ha

#### 5.1.1.12 Inventario de datos para las labores de campo (año 2015)

A continuación, se presenta el inventario de las labores de campo, para las cuales, el area cultivada total (sin contar las areas en renovación) fue de 15.657 ha; el área cosechada fue de 13.853,71 ha y el número promedio de cortes a la caña antes de renovación fue de 5,6 veces (ver Anexo 6. Diagramas de entradas y salidas. Campo).

**Tabla 48. Consumo de combustible por transporte en labores de campo**

Actividad	Consumo de combustible (gal/año)
Transporte de equipos para labores de campo hasta los cultivos	735,23
Transporte de personal al campo	14.691,60
Trasporte de herbicida hasta el campo	867,8
Trasporte de insumos hasta el campo	6332,97
Aplicación de maduradores	2150,58
Otros (Eventos fuera de las labores programadas de campo)	808,80
<b>Consumo de combustible total en labores de campo</b>	<b>25.586,98</b>

El área sobre el cual se realizó preparación de terreno para plantilla o renovación fue de 1.000 ha y para soca fue de 13.495,28 ha.

**Tabla 49. Labores agrícolas implementadas en preparación de terreno para plantilla ó renovación (valores promedio)**

	Número de pases	Marca y referencia de equipo	Potencia del equipo (hp)	Horas de trabajo por pase (h/ha)	Consumo de combustible (gal/ha)	Consumo de combustible (Total galones)*	Consumo de combustible (Total Galones/haCosechada)**
Descepado	2	Rastra 18x36"	300	1	10	20.000	1,4
Rastro arado	1	Rastra 20x32"	280	1,2	8,33	8.333,33	0,60
Subsolado	1	subsuelo 3 vastagos sep. 90cm	300	1	9	9.000	0,64
Cincelado	1	Cincel de 7 Vastagos	300	1,2	7,5	7.500	0,54
Nivelación	1	Buldocer D5B	120	7	21	21.000	1,51
Rastrillado	2	Rastra 48x24"	280	2	5	10.000	0,72
Surcado	1	Surcador de 3 vertederas	140	1,5	3	3.000	0,21

\*Consumo combustible (Total galones)= Número de pases \* Consumo de combustible (gal/ha) \* Área sobre el cual se realizó preparación de terreno para plantilla ó renovación

\*\*Consumo combustible (Total galones/haCosechada) = Consumo Combustible (Total galones) / Área Cosechada (ha) )

**Tabla 50. Labores agrícolas implementadas en preparación de terreno para soca (valores promedio)**

	Número de pases	Marca y referencia de equipo	Potencia del equipo (hp)	Horas de trabajo por pase (h/ha)	Consumo de combustible (gal/ha)	Consumo de combustible (Total galones)*	Consumo de combustible (Total Galones/haCosechada)**
Encalle	1	Despaladora de 4 ruedas marca lely	110	1	1,89	25.506,07	1,84
Subsolado	1	subsuelo 3 vastagos sep. 90cm	300	1	9,00	121.457,52	8,76
Aporque	1	Aporcador de dos cuerpos	110	2	2,10	28.340,08	2,04
Fertilización	1	Abonadora con tolvas de 600 kg	110	2,36	2,50	33.738,20	2,43

\*Consumo combustible (Total galones) = Número de pases \* Consumo de combustible (gal/ha) \* Área sobre el cual se realizó preparación de terreno para soca

\*\*Consumo combustible (Total galones/haCosechada) = Consumo Combustible (Total galones) / Área Cosechada (ha) )

El área total irrigada, se refiere al área total en hectáreas (o al porcentaje del área), cuyo riego se encuentra a cargo del ingenio y a empresas externas, así:

**Tabla 51. Área total irrigada**

	Área irrigada (ha)
Ingenio	5.296,95
Empresas Externas	2.174,30

A continuación, se presentan los datos del tipo de riego utilizado.

**Tabla 52. Tipo de riego utilizado**

Riego por gravedad			
Porcentaje o área irrigada			2.411,42
Número de riegos por ciclo de cultivo			1,46
Cantidad de agua aplicada por riego por hectárea de caña (m <sup>3</sup> /riego·ha)	Mínimo		787,83
	Promedio		976,56
	Máximo		1.126,30
Riego por aspersión			
Porcentaje o área irrigada			5.035,48
Número de riegos por ciclo de cultivo			1,4563
Cantidad de agua aplicada por riego por hectárea de caña (m <sup>3</sup> /riego·ha)	Mínimo		578,22
	Promedio		645,41
	Máximo		713,75

Las fuentes de agua utilizadas para riego fueron:

**Tabla 53. Fuente de agua para riego**

	Cantidad de agua para riego (m <sup>3</sup> /año)
Agua Superficial (río, lago etc)	4.025.346
Agua de Pozo	37.795

Los datos de control de malezas refieren que la aplicación de herbicidas la realizan empresas externas (14.930,64 ha) y el tipo de aplicación es 100% manual.

**Tabla 54. Cantidad de herbicida aplicado por hectárea (kg ingrediente activo/ha)**

Herbicida	Dosis (kg ingrediente activo/ha)	Volumen de mezcla (L/ha)	Total de ha aplicadas con principio activo	kg ingrediente activo total*	kg/haCosechada**
Ametrina	2	150	6.856,68	13.713,36	0,98
Diuron	2,5	150	6.649,58	16.623,95	1,20
Mesotriona	0,3	150	4.944,09	1.483,23	0,11
Acido 2-4D	1,5	150	10.726,91	16.090,37	1,16
Inex "pegante"	0,3	150	15.430,94	4.629,28	0,33

Herbicida	Dosis (kg ingrediente activo/ha)	Volumen de mezcla (L/ha)	Total de ha aplicadas con principio activo	kg ingrediente activo total*	kg/haCosechada**
Mejorador de Aguas Cosmoaguas	0,05	150	15.430,94	771,55	0,06
Glifosato	2,5	150	4.040,06	10.100,15	0,73
Terbutrina	3	150	91,03	273,09	0,02

\*kg Ing Activo Total= Dosis (kg ingrediente activo/ha)\* Total de ha aplicadas con principio activo

\*\*kg/haCosechada= kg ingrediente activo total / Área Cosechada (ha)

Los datos de aplicación de fertilizantes refieren que la misma, la realizan empresas externas (23.846,55ha).

**Tabla 55. Tipo de fertilización que se aplica**

	Área de terreno fertilizado (ha)
Líquida	4.643,39
Sólida	19.203,16

**Tabla 56. Tipo de aplicación de fertilizantes**

	Área de terreno fertilizado (ha)	%Fertilizado Mecánico*
Manual	18.366,94	
Mecanizada	5.479,61	0,2298

\*%Fertilizado Mecánico= Área de terreno fertilizado (ha)/ Área fertilizada por empresas externas (ha)

**Tabla 57. Tipo de fertilizantes aplicados**

Nombre	Área fertilizada (ha)	Dosis (kg ingrediente activo/ha)	Volumen de mezcla (L/h)	kg totales*	kg totales/haCosechada**
Carbonato de calcio (cal agrícola)	25,32	1.291,47		32.700,02	2,36
Cloruro potasio KCL (potasio soluble)	38,73	98,11		3.799,80	0,274
DAP	7,93	44,13		349,95	0,025
Kompostar 50 kg proy soca	1.579,53	2.662,78		4.205.940,9	303,59
Kompostar 50 kg en blanco	6.725,50	429,81		2.890.687,2	208,66
Ligno-K	67,61		8,90	601,73	0,043
Mezcla alto fosforico alto potasio	17,44	326,83		5.699,92	0,41
Mezcla con sulfato de amonio	1,69	355,03		600,00	0,043
Mezcla Risaralda	3,50	14,30		50,05	0,004
Nutri humic 50 kg proy soca	5.405,34	832,44		4.499.621,2	324,795
Nutri-humic 50 kilos blanco	7,93	1.532,16		12.150,03	0,877
Nutri-humic granel	190,92	2.361,25		450.809,85	32,54

Nombre	Área fertilizada (ha)	Dosis (kg ingrediente activo/ha)	Volumen de mezcla (L/h)	kg totales*	kg totales/haCosechada**
Solución UAN	4.575,78		119,59	547.217,53	39,499
Urea al 46% (nitrogeno total 45% minimo)	362,61	208,35		75.549,79	5,45
Kompostar a granel	80,75	1.201,74		97.040,50	7,00
Mezcla Guayacan	1.369,73	506,56		693.850,43	50,08
Mezcla Guayacan alto potasio	3.312,97	553,79		1.834.689,66	132,43
Sulfato de amonio (nitrog,21%+1%,azufre)	20,55	90,02		1.849,91	0,13
Sulfato de calcio seco tipo I	5,18	472,97		2.449,98	0,17
Sulfato de hierro	47,54	12,60		599,00	0,043

\* kg totales = Área fertilizada (ha) \* Dosis (kg ingrediente activo/ha)

\*\*kg totales/haCosechada= kg totales / Área Cosechada (ha)

A continuación, se presentan los datos para maduración, para lo cual el porcentaje de área donde se aplica madurador es de 74%. Los encargados de aplicar madurador son empresas externas en un área de 11883,57 ha.

**Tabla 58. Cantidad de madurador aplicado por hectárea (plantilla o soca)**

Madurador	Área madurada (ha)	Dosis (kg ingrediente activo/ha)	Volumen de mezcla (L/ha)	kg Ing Total	kg/ha cosch
Glifosato	4.849,5900	0,7240	4,2000	3.511,1032	0,2534
Fusilade	4.927,9300	1,1000	4,2000	5.420,7230	0,3913
Bonus (Moddus®)	2.106,0500	1,0000	4,2000	2.106,0500	0,1520

**Tabla 59. Aplicación de maduradores, y su consumo de combustible por año**

Tipo de aeronave	Avión Liviano	Gal Gasolina/año	Gal/haCosch
Área de caña madurada (ha)	11.883,5700		
Capacidad de tanque de aeronave (L)	132,0000		
Tipo de combustible	Gasolina corriente		
Consumo de combustible por año (gal/año)	2.150,5800	2.150,5800	0,1552

### 5.1.2 Descripción del proceso de cosecha

Dentro de la agroindustria de la caña de azúcar, una de las operaciones más importantes es la cosecha. Esta labor requiere de una adecuada organización, con el fin de llevar a las fábricas de azúcar la cantidad de caña necesaria para cumplir con los presupuestos anuales de molienda y producción, en la forma más oportuna y de la mejor calidad, para obtener los beneficios esperados (Domínguez, Salgar y Cárdenas, 1981). Los autores afirman que los componentes principales de la caña que se lleva a los molinos son caña propiamente dicha y materia extraña. La caña pura se compone de agua (73-76%), fibra (13-16%), sacarosa (13-15%), impurezas orgánicas (azúcares

reductores y dextranas) e impurezas inorgánicas (cenizas). La materia extraña consiste de cogollos, hojas verdes, hojas secas, raíces y tierra. Como la calidad del azúcar que se produce es afectada por la calidad de la caña suministrada, la proporción de los componentes de ésta tiene una gran importancia. La buena calidad de la caña está relacionada con caña fresca, bajo contenido de materia extraña y tallos sanos al momento de la molienda.

La página web del Ingenio Risaralda S.A., afirma que cuando la caña ha cumplido su proceso de desarrollo fisiológico y maduración, aproximadamente entre los 12 y 14 meses de edad, la dirección de cosecha procede a realizar la selección de los predios a cosechar determinando el tipo de corte a realizar y el sistema de transporte para su procesamiento en fábrica.

#### 5.1.2.1 Quema programada

En el Ingenio Risaralda esta actividad se realiza en forma programada, cuando el contenido de sacarosa es óptimo en la caña. Se utilizan quemadores manuales (que funcionan por goteo, dejando caer gotas de combustible encendidas que prenden fuego a la caña) o quemadores de tractor o lanza – llamas (que utilizan ACPM (Diesel) para generar llama). Esta práctica se realiza para facilitar el corte de la caña y eliminar malezas.



**Foto 7. Quemas para cosecha manual**

Fuente: El autor, 2016.

#### 5.1.2.2 Sistemas de Cosecha

Por lo general, cada ingenio tiene un departamento encargado de coordinar esta labor. En la región, existen varios sistemas para la cosecha de la caña de azúcar que se explican a continuación (CENICAÑA, 2005).

### a. CORTE MANUAL

El corte manual es una labor dispendiosa que aún se realiza en Colombia debido a la alta disponibilidad de mano de obra.



**Foto 8. Cosecha manual**

Fuente: El autor, 2016.

Como ventajas de este sistema se pueden mencionar:

- El correcto beneficio de la plantación, ya que permite cortar los tallos a ras del suelo, el descogolle entre hojas verdes y maduras y la colocación ordenada de los tallos en el suelo para el alce mecánico.
- Facilita la selección inicial del material molinable, desechando los tallos secos y podridos, y los chulquines y las malezas.

### b. CORTE MECANIZADO

La Guía ambiental para el Subsector Caña de Azúcar (2002), afirma que el corte mecánico puede realizarse para caña en verde o caña quemada. Las máquinas cosechadoras cortan un surco por pasada, pican la caña y mediante ventiladores, por diferencia de densidad, la separan de las hojas. El rendimiento está entre 20 y 30 t / hora. Las hojas quedan esparcidas uniformemente sobre el campo. La cosechadora entrega la caña directamente a vagones, que la reciben picada para transportarla a fábrica.





**Foto 9. Cosecha mecánica**

Fuente: El autor, 2016.

#### 5.1.2.3 Alce y transporte

La caña cortada manualmente se carga en vagones transportadores utilizando alzadoras mecánicas. Entre menor sea el tiempo que transcurre entre quema, o corte, y fábrica se logra mayor eficiencia en el proceso. Lo ideal es que este tiempo no sea mayor de 36 horas para evitar pérdidas de sacarosa en la planta.

#### 5.1.2.4 Manejo de residuos de cosecha

##### a. DESPAJE Y ENCALLE MANUALES

Se realiza inmediatamente después del corte y máximo hasta los ocho días siguientes, tanto en semilleros como en la soca de plantaciones comerciales. El objetivo de la labor es despejar la cepa y acomodar los residuos de cosecha (hojas, tallos y cogollos) en las calles o entresurcos, con el fin de garantizar buena germinación y rebrote y acondicionar las suertes para la realización de las labores culturales. Los equipos y herramientas para despaje y encalle manuales son: Gancho de dos o más uñas curvas y Gancho de madera (3m)

##### b. ENCALLE MECÁNICO

Se realiza en la soca inmediatamente después del corte y máximo hasta los ocho días siguientes. El objetivo de la labor es despejar la cepa y acomodar los residuos de cosecha (hojas,



tallos y cogollos) en las calles o entresurcos, con el fin de garantizar buena germinación y rebrote y acondicionar las suertes para la realización de las labores culturales.

**Tabla 60. Equipos y herramientas para encalle mecánico**

	Potencia (HP)
Encalladora Lelly	80 – 100
Herramienta	-
Ganchos de repuesto	-

#### 5.1.2.5 Inventario de datos para las labores de cosecha (año 2015)

A continuación, se presenta el inventario de las labores de cosecha, para las cuales, el área cosechada es de 13.853,71 ha, el 100% de la cosecha es realizado por empresas externas. El consumo de combustible por transporte, en las labores de cosecha es de 17.075,69 gal/año. La caña molida (t) es de 1.538.067,9770 y el rendimiento de caña calculado es de 111,0221 t/ha; la edad promedio de la caña cosechada en meses es de 13,26 (ver Anexo 7. Diagrama de entradas y salidas. Cosecha).

**Tabla 61. Tipo de cosecha empleada**

	Cosecha manual (ha)	Cosecha mecanizada (ha)
Caña quemada	69,06	0,34
Caña verde	5,03	25,57
<b>Total por tipo de corte</b>	<b>74,09</b>	<b>25,91</b>

**Tabla 62. Datos de los tractores utilizados en labores de cosecha**

Marca tractor	Consumo de combustible total de equipos por año (Galones/año)	Número de equipos en labores de cosecha	Horas laboradas por año (h/año)
Case 9230	85.733,90	6	32.974,58
Case IH STX275 4WD	26.379,66	3	6.594,92
Game 85 ATX	39.965,88	4	15.371,49
Otro	19.784,75	4	7.609,52

\*Las actividades involucradas en los datos históricos reportados de consumo de combustible son cadeneo, armado de trenes y transporte de caña del campo al ingenio.

**Tabla 63. Datos de los equipos utilizados para labores de cosecha**

	Consumo de combustible total de equipos por año (Galones/año)	Número de equipos en labores de cosecha	Horas laboradas por año (h/año)
Cosechadoras	130.265,97	8	14.314,94
Alzadoras	67.967,49	10	17.427,56
Tractomulas en transporte de caña	307.061,04	23	90.312,07

### 5.1.3 Descripción del proceso de Fábrica

En la información que presenta en la página web el Ingenio Risaralda S.A., define este proceso como elaboración y describe las diferentes etapas que surte la caña para producir el azúcar final, así: molinos, clarificación, evaporación, cristalización, centrifugación y secado (Ingenio Risaralda S.A., s.f<sub>2</sub>).



**Foto 10. Patio de caña**

Fuente: El autor, 2016.



**Foto 11. Mesas de lavado de caña**

Fuente: El autor, 2016.

#### 5.1.3.1 Molinos

La caña se recibe en el patio y se conduce por medio de transportadores hacia un desfibrador pesado de alimentación horizontal y facilitar así el proceso de extracción de jugo en los molinos; en esta etapa, utilizando la presión ejercida por los rodillos dentados, se logra la extracción del jugo de la caña. Para mejorar la eficiencia de este proceso, se adiciona agua al bagazo que va hacia el último molino, este proceso se conoce como imbibición; adicionalmente, el jugo extraído en cada molino se recircula al anterior, lo que recibe el nombre de maceración.

El bagazo que sale del último molino se convierte en el primer subproducto del proceso, que se aprovecha como combustible en las calderas, para producir el vapor utilizado en la

generación de energía mecánica y en la generación de energía eléctrica a través de turbogeneradores; el vapor de escape producido en estos equipos, se aprovecha como energía térmica en el proceso de elaboración de azúcar para calentamientos y cocimientos. De esta manera el Ingenio Risaralda se autoabastece de la energía necesaria para llevar a cabo todas las operaciones fabriles de una manera sostenible y cuidando del medio ambiente.



**Foto 12. Molinos – Desfibradora**

Fuente: El autor, 2016.



**Foto 13. Molinos – Conductores de caña**

Fuente: El autor, 2016.





**Foto 14. Molinos – Extracción de jugos de la caña**  
Fuente: El autor, 2016.



**Foto 15. Molinos – batería de motores**  
Fuente: El autor, 2016.

#### 5.1.3.2 Clarificación

El jugo extraído en los molinos se conduce por medio de bombas de tipo centrífugo hacia el proceso de purificación que consta de las etapas de calentamiento, sulfitación, alcalización, clarificación y filtración. Por medio de estas operaciones, los insumos tales como dióxido de azufre, lechada de cal y floculante forman puentes con las sustancias extrañas diferentes a la sacarosa presentes en el jugo que transmiten color y bajan la pureza del azúcar final, formándose moléculas más pesadas que sedimentan en los clarificadores de corto tiempo de retención. Este sedimento se envía hacia los filtros rotatorios al vacío donde se recupera la sacarosa remanente y luego la torta resultante a la que ya se le ha extraído la sacarosa recuperable, se envía hacia el proceso de compostaje para la elaboración de mejoradores de suelos a los campos de cultivo de caña por su importante contenido de minerales.

#### 5.1.3.3 Evaporación

El jugo que ha sido purificado se somete a evaporación en el tandem de evaporación en serie, en arreglo que puede variar de cuádruple a quíntuple. En estas sucesivas evaporaciones, se elimina gran parte del agua contenida en el jugo (alrededor del 80%), resultando un material más denso llamado meladura.

#### 5.1.3.4 Cristalización

La meladura se envía hacia los tachos al vacío, equipos donde se realiza la cristalización de la sacarosa. Al tacho se introducen núcleos de sacarosa previamente formados, de tamaño homogéneo para lograr un crecimiento de los cristales de azúcar de manera uniforme a expensas del contenido de sacarosa que se traslada de la meladura al cristal.

#### 5.1.3.5 Centrifugación

Una vez formados los cristales del tamaño y pureza deseados, el producto formado llamado masa cocida se lleva hacia las centrífugas, equipos que giran a muy altas revoluciones por minuto, provistos de una malla de finos agujeros que permiten sólo el trabajo de la miel mientras que bloquean el paso de los granos de azúcar que quedan atrapados en la parte interna de la malla.

La miel separada en la masa cocida (tercera de baja pureza), es llamada miel final o conocida comúnmente como miel de purga la cual es un subproducto del proceso fabril y no es retornada al proceso por su bajo contenido de sacarosa; es comercializada para la posterior obtención de otros productos como alcohol, alimento para ganado, ácido acético, y otros productos de importancia industrial.

### 5.1.3.6 Secado

El azúcar libre de la miel se conduce hacia la secadora / enfriadora la cual es un tambor giratorio horizontal con aspas, persianas o colmenas interiores que permiten el contacto del azúcar con aire caliente desde un extremo del tambor, para eliminar la humedad ligada al cristal y a su vez permite el contacto con aire frío por el extremo opuesto para el acondicionamiento térmico de los cristales, de modo que la temperatura de salida de la secadora sea muy cercana a la del ambiente evitando así el aterronamiento, debido al carácter higroscópico del azúcar.

### 5.1.3.7 Inventario de datos para las labores de fábrica (año 2015)

A continuación, se presenta el inventario de las labores de fábrica. Las condiciones de operación fueron: Días reales de operación/año:324,68, Capacidad (ton caña/día):4722,8 y Producción (kg azúcar/ton caña):117,5963, (ver Anexo 8. Diagrama de entradas y salidas. Fábrica):

**Tabla 64. Composición promedio de la caña**

COMPONENTE	% EN PESO (BASE HÚMEDA)
Agua	81,97
Brix	18,03
Fibra industrial	11,68
Fibra % caña	12,51

**Tabla 65. Consumo de materias primas o insumos**

MATERIA PRIMA O INSUMOS	CARACTERÍSTICAS/CONCENTRACIÓN	CANTIDAD (t/año)	CANTIDAD (kg/tCañaMolida)*
Cantidad de caña de azúcar que va a fábrica		1.533.402,73	
Cal o hidróxido de calcio	92%	1.334,06	0,87
Ácido fosfórico	85%	21,47	0,0140
Azufre	99,9%	67,47	0,0440
Floculante de jugo (Todas las referencias)	100%	15,64	0,0102
Agua de proceso			0,0000
Hidróxido de sodio	32%	588,83	0,3840
Biocidas	-	1,53	0,0010
Decolorantes químicos	49-52 (%)	19,93	0,0130
Floculante de meladura	100%	2,76	0,0018

\* CANTIDAD (kg/tCañaMolida)=(Cantidad del insumo (t/año)\*1000)/ Cantidad de caña de azúcar (t/año)

**Tabla 66. Procesos se realizan para la producción de azúcar crudo**

PROCESO	ÁREA	SE REALIZA	NO SE REALIZA	DESDE CUÁNDO
Preparación de caña Picadora	Extracción de jugo		X	Hasta el año 2008
Preparación de caña		X		Desde el año 2008

PROCESO	ÁREA	SE REALIZA	NO SE REALIZA	DESDE CUÁNDO
Desfibradora				
Sulfitación de jugo	Clarificación de jugo	X		Desde 1978
Sulfitación de meladura	Clarificación de meladura	X		Desde el año 2005 (Aprox)
Adición de decolorantes		X		Desde el año 2015

**Tabla 67. Procesos se realizan para la producción de azúcar crudo**

ITEM	CANTIDAD	CANTIDAD
CARACTERÍSTICAS/ CONCENTRACIÓN	(t/año)	(kg/tCañaMolida)*
Miel final	2.958,75	1,9295
Bagazo para venta		
Bagazo para compost		
Bagazo para calderas	360.196,30	234,90
Cachaza	5.244,24	3,42
Bag% Caña	22,17%	23,49%

\* CANTIDAD (kg/tCañaMolida)=(Cantidad (t/año)\*1000)/ Cantidad de caña de azúcar (t/año)\*

**Tabla 68. Composición Bagazo, Cachaza y Miel Final**

BAGAZO		
COMPONENTE	% EN PESO (BASE HÚMEDA)	
Humedad	44,7	
Sacarosa	1,886	
Ceniza		
Fibra	52,96	
CACHAZA		
COMPONENTE	% EN PESO (BASE HÚMEDA)	
Humedad	70,19	
Sacarosa	1,07	
MIEL FINAL		
COMPONENTE	% EN PESO (BASE HÚMEDA)	
Brix	90,41	
Pureza	40,6	

**Tabla 69. Consumo de energía eléctrica**

	kW·h	kW.h/ tCañaMolida
En fábrica de azúcar crudo	9.948.000,00	6,49
En refinería	11.869.476,00	7,74
En destilería	6.116.801,30	3,99
<b>Total</b>	<b>27.934,28</b>	<b>18,22</b>

\* Consumo de energía eléctrica (kW.h/ tCañaMolida)=( Consumo de energía eléctrica (kW·h))/ Cantidad de caña de azúcar (t/año)\*

#### 5.1.4 Descripción del proceso de cogeneración de energía

La página web del Ingenio Risaralda S.A. (s.f<sub>3</sub>), describe este proceso así:

Este proceso es el que ejecuta todos los accionamientos de la empresa. El Ingenio estudiado tiene su propia central de generación de energía eléctrica, la cual es producida con turbogeneradores, que son movidos por turbinas de vapor a alta presión; produciendo el movimiento al generador y este finalmente es el que entrega 13200v 60hz 3F. Una vez que se ha realizado el proceso de generación, viene entonces la transformación; luego la etapa de transmisión, después la distribución y finalmente se entrega a cada uno de los procesos energía con calidad. Cuando quedan excedentes de energía, son inyectados al sistema de interconexión nacional. La venta de energía es lo que distingue al Ingenio Risaralda S.A y por esto se aplica permanentemente el uso racional de energía a todos los procesos.

##### 5.1.4.1 Inventario de datos para las labores de cogeneración de energía (año 2015)

A continuación, se presenta el inventario de las labores de cogeneración de energía. Los días de operación de la fábrica de azúcar/año: 324,68; la cantidad de caña de azúcar que va a fábrica es de 1.533.402,73 t/año (ver Anexo 10. Diagrama de entradas y salidas. Cogeneración de energía).

**Tabla 70. Consumo anual de combustible**

TIPO DE COMBUSTIBLE	Consumo anual (ton/año)	Consumo kg y gal / t Caña
Bagazo	360.196,3013	234,9000
Carbón		
Biomasa (diferente de bagazo): Cascarilla café	15.654,8583	10,2092
Electricidad	2.071,6271	1,3510
Fuel oil / GAL	225.680,5108	0,1472

**Tabla 71. Generación de electricidad**

	TURBO 1	TURBO 2	TURBO 3	TURBO 4	TURBO 5
Eficiencia (kW.h/kg vapor)			28	25	18
Presión de entrada (psig)			300	300	300
Presión de escape (psig)			20	20	20
Producción anual (MW.h/año 2015)			2.506,66	16.365,48	60.805,00

La producción anual (MW.h/año) de los tres generadores es de 79.677,14; los kW.h producidos/tCaña es de 51,9610.



### 5.1.5 Producción de alcohol carburante

En la información que presenta en la página web el Ingenio Risaralda S.A., define este proceso como biodestillaría y describe las diferentes etapas que se surgen, para producir el alcohol carburante, así: fermentación, destilación, deshidratación por tamices moleculares y almacenamiento y despacho (Ingenio Risaralda S.A., s.f<sub>1</sub>), (ver Anexo 9. Diagrama de entradas y salidas. Producción de etanol).



**Foto 16. Planta de alcohol carburante**

Fuente: El autor, 2016.

#### 5.1.5.1 Fermentación

Es un proceso bio-químico en el cual los azúcares contenidos en las mieles alimentadas a los reactores se transforman en Etanol y Gas Carbónico gracias a la acción de la levadura presente en el medio. La materia prima utilizada en el proceso de fermentación es una mezcla de mieles de baja pureza producto del proceso de agotamiento de materiales en la fábrica de azúcar. El sistema de fermentación está constituido por tres fermentadores que trabajan en serie y de forma continua, la alimentación de miel a los fermentadores se realiza de forma que el grado alcohólico aumente progresivamente de fermentador a fermentador consiguiendo en el último reactor un grado alcohólico de mosto entre 8-8,5% (v/v). El proceso cuenta con un sistema de recuperación de parte de la levadura de proceso mediante la operación unitaria de sedimentación, con esto se consigue mantener una población adecuada en los fermentadores y garantizar una óptima conversión de los azúcares en alcohol. El mosto libre en su mayoría de levadura pasa hacia el tanque pulmón de mosto para ser enviado a la zona de destilación.

#### 5.1.5.2 Destilación

La destilación es un método de separación de componentes en una mezcla líquida aprovechando la diferencia en los puntos de ebullición logrando concentrar el componente más volátil en el tope de la columna de destilación empleada. El sistema de destilación del Ingenio Risaralda está compuesto por una serie de columnas que operan al vacío para optimizar el consumo

energético. El mosto proveniente de la etapa de fermentación se alimenta a la primera columna donde se logra concentrar el alcohol hasta un 45% (v/v) en la parte superior, en el fondo de la columna se concentran los sólidos presentes en el mosto y se obtiene una corriente llamada Vinaza. El alcohol al 45% (v/v) es enviado a una segunda columna donde se logra concentrar hasta 96% (v/v) para posteriormente ser tratado en la zona de deshidratación. La vinaza generada en la primera columna es utilizada en una integración energética para optimizar el consumo de vapor. La mayor parte de esta vinaza entre un 50-60% es recirculada al proceso de fermentación para disminuir los consumos de agua y minimizar la generación final de esta corriente, la parte restante de la vinaza es enviada a un sistema de evaporación donde se logra concentrar hasta 20-25% de sólidos (w/w) para ser enviada a la planta de compostaje.

#### 5.1.5.3 Deshidratación por tamices moleculares

Es un método de absorción del agua contenido en el alcohol aprovechando la porosidad de la zeolita que compone el tamiz y la afinidad de este material con el agua. El alcohol obtenido en la zona de destilación al 96% (v/v) es enviado a los tamices moleculares para llevar el alcohol hasta una concentración mínima de 99,5% (v/v) de modo que cumpla con los requerimientos establecidos para ser utilizado como alcohol carburante. El alcohol deshidratado se envía a la zona de almacenamiento para su posterior despacho.

#### 5.1.5.4 Almacenamiento y Despacho

El alcohol deshidratado es enviado a los tanques de transferencia con capacidad de 80 m<sup>3</sup> donde se les realizan los respectivos análisis de calidad para certificar la calidad del producto previo al envío a los tanques de almacenamiento principal los cuales tienen una capacidad de 1764 m<sup>3</sup>. El alcohol almacenado es posteriormente enviado a la zona de despacho para cargue de carrotanques donde se mezcla en línea con un porcentaje entre 2-3% (v/v) de gasolina para evitar que este alcohol sea utilizado para otro propósito que no sea como carburante.

#### 5.1.5.5 Inventario de datos para la planta de alcohol carburante (año 2015)

A continuación, se presenta el inventario de la planta de alcohol carburante. Las condiciones de operación fueron: días de operación/año: 302,30; capacidad (L de alcohol anhidro/día): 93.338,24; producción de alcohol (m<sup>3</sup>/año): 28.215,58; consumo de energía eléctrica en destilería (kWh):6.116.801,30.

**Tabla 72. Consumo de materias primas o insumos**

MATERIA PRIMA O INSUMOS	CANTIDAD (ton/año)	MATERIA PRIMA O INSUMOS	CANTIDAD (t/tCaña)*	CANTIDAD (t/m <sup>3</sup> EtOH)**
		Caña de azúcar que va a fábrica	1.533.402,73	28.215,58
Mezcla (Miel A+B)	99.385,25	Mezcla (Miel A+B)	0,065	3,52235
Agua de proceso	190.915,05	Agua de proceso	0,125	6,76630
Ácido sulfúrico	546,78	Ácido sulfúrico	0,00036	0,01938

MATERIA PRIMA O INSUMOS	CANTIDAD (ton/año)	MATERIA PRIMA O INSUMOS	CANTIDAD (t/tCaña)*	CANTIDAD (t/m³EtOH)**
Urea	37,85	Urea	0,00002	0,00134
Suplementos minerales	6,40	Suplementos minerales. (Sulfato (Mg y Zn))	0,00000	0,00023
Hidróxido de sodio	194,26	Hidróxido de sodio	0,00013	0,00688
Ácido nítrico		Ácido nítrico	0,00000	0,00000
Antiespumante	4,07	Antiespumante	0,00000	0,00014

\*CANTIDAD (t/tCaña)=(Cantidad (t/año))/ Caña de azúcar que va a fábrica (t/año)

## 5.2 ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DEL BIOETANOL

### 5.2.1 Etapa 1. Definición de los objetivos y alcance del estudio

Con el fin de evaluar el desempeño ambiental de la producción de etanol de caña de azúcar en un ingenio azucarero colombiano, se desarrolló un Análisis de Ciclo de Vida (ACV) de acuerdo a la NTC ISO 14040:2007 (ISO, 2007). La metodología ACV es un enfoque holístico para estimar los impactos ambientales relacionados con todo el ciclo de vida de un producto o servicio, en este caso, la producción de bioetanol en el Ingenio Risaralda S.A.

#### 5.2.1.1 Objetivo del estudio

Analizar los impactos ambientales potenciales del bioetanol producido en el Ingenio Risaralda S.A.

#### 5.2.1.2 Aplicación, audiencia y razones para llevar a cabo el estudio

El primer uso previsto para los resultados del estudio es proveer al sector de la caña de azúcar colombiano y al ingenio estudiado, de información sólida sobre los impactos ambientales potenciales, relacionados a la producción de bioetanol de caña de azúcar para el año 2015. La producción de bioetanol con caña de azúcar en Colombia se ha incrementado por la necesidad de utilizar combustibles alternativos, que sean más amigables con el ambiente, los cuales no generen grandes cantidades de emisiones de Dióxido de Carbono a la atmósfera o por lo menos absorban durante su fase de producción, la misma cantidad de Dióxido de Carbono que generan en el momento de la combustión. El presente trabajo aplica el Análisis de Ciclo de Vida, para cada una de las etapas de la producción de bioetanol de la caña de azúcar, en el área de influencia del Ingenio Risaralda S.A., con miras a que la Organización reconozca, con apoyo del uso de un software (SimaPro versión 8.2), los impactos ambientales potenciales de su actividad.

El segundo uso previsto, es el resultado del segundo objetivo de la tesis de grado del Doctorado en Ciencias Ambientales, denominada: "ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DE LA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL DE LA CAÑA DE AZÚCAR. Estudio de Caso: Ingenio Risaralda S.A."

### 5.2.1.3 Público previsto

El público previsto para tener acceso a los resultados del estudio es la comunidad académica de las universidades relacionada con el tema, el sector de la caña de azúcar y las partes interesadas del Ingenio estudiado, que se involucran con el uso de los biocombustibles generados a partir de la caña de azúcar.

### 5.2.1.4 Aseveraciones comparativas

Los resultados del estudio **no van a apoyar aseveraciones comparativas** con ningún tipo de combustible ni biocombustible.

### 5.2.1.5 Alcance del estudio

El alcance del estudio abarcará los siguientes aspectos:

a. Sistema producto y límites del sistema: El sistema estudiado comprende la cadena productiva para la obtención del bioetanol en el Ingenio Risaralda S.A. (que es común a los ingenios duales colombianos). El estudio se divide en los procesos de:

**Campo:** Comprende el proceso desde la siembra de la caña hasta antes de la cosecha, incluyendo las labores de preparación de terreno, fertilización, riego, control de malezas y maduración.

**Cosecha:** Comprende el proceso desde el corte, alce, transporte y entrega de la caña en las mesas de caña de la fábrica.

**Fábrica de azúcar:** Comprende las etapas del proceso fabril de azúcar crudo, desde la recepción de la caña hasta la descarga del azúcar y la miel B, incluyendo: preparación y molienda, clarificación, evaporación y cristalización.

**Destilería:** Comprende el proceso de producción de etanol carburante desde la preparación de materia prima hasta el despacho de etanol carburante, incluyendo: fermentación, destilación y deshidratación.

**Cogeneración:** Comprende el proceso de combustión del bagazo o de otro tipo de combustible para la generación de vapor en las calderas y su posterior aprovechamiento en los turbogeneradores para la producción de energía eléctrica.

Para este estudio se establece el enfoque de la cuna a la puerta, es decir, desde la extracción de materia prima que para la tesis es la fase agrícola del cultivo de caña de azúcar, hasta la producción de etanol anhidro que se desnaturaliza, al adicionar gasolina al 2% v/v, y que se entrega a los carrotaques abastecedores en la puerta de la destilería; el etanol anhidro desnaturalizado se desarrolló a partir de la iniciativa del Gobierno Nacional a través de la ley 693 de 2001, donde se decretó el uso de gasolina oxigenada (mezcla de 10% alcohol carburante y 90% gasolina), en las ciudades con más de 500.000 habitantes.

b. Funciones del sistema: El uso final del etanol anhidro es para las mezclas con gasolina, que es utilizado como combustible vehicular.

c. Unidad funcional: Un concepto fundamental en el ACV es la unidad funcional. Ésta es la base de cálculo para los inventarios de ciclo de vida y los impactos ambientales; permite la comparación entre diferentes sistemas con la misma función. La norma ISO 14040 establece que la unidad funcional es “el desempeño cuantificado de un sistema para su utilización como unidad de referencia”.

La unidad funcional para este estudio es producir 1 m<sup>3</sup> de etanol anhidro en el Ingenio Risaralda S.A durante el año 2015, el cual se mezcla con gasolina y es utilizado como combustible vehicular.

d. Flujo de referencia: 28.215,58 m<sup>3</sup> de etanol anhidro en el Ingenio Risaralda S.A durante el año 2015, el cual se mezcla con gasolina y es utilizado como combustible vehicular.

e. Definición de los límites del sistema: El sistema estudiado comprende la cadena productiva para la obtención del bioetanol, en el Ingenio Risaralda S.A., comenzando desde el cultivo de la materia prima (caña de azúcar). El estudio se divide en los procesos de campo, cosecha y fábrica. A continuación se definen los límites del sistema estudiado.

Límites geográficos: El Análisis de Ciclo de Vida se limitó al Ingenio Risaralda S.A., y su área de influencia.

Límites temporales: El horizonte temporal considerado es de un año, 2015.

Límite espacial: Se utilizó el enfoque de la cuna a la puerta, es decir desde la producción de la materia prima hasta la producción de etanol anhidro.

Etapas excluidas del análisis: Para este estudio quedaron excluidas las cargas ambientales relativas a la fabricación y mantenimiento de las maquinarias e infraestructuras necesarias para el cultivo y cosecha de la caña de azúcar, las instalaciones de la transformación de la caña para la obtención del etanol, el tratamiento de efluentes (Comprende las plantas de tratamiento de aguas residuales y la planta de compostaje donde se produce el abono orgánico estabilizado que es aplicado en el campo como mejorador de suelos), y las implicaciones de circulación, distribución y consumo del producto final (etanol).

f. Tipo y fuentes de datos: Los datos para el análisis, son datos primarios recolectados en el Ingenio Risaralda S.A., y datos secundarios obtenidos de la Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar (ASOCAÑA), el Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (CENICAÑA) y de otras investigaciones publicadas. El presente estudio de ACV se realizó utilizando la herramienta informática comercial denominada SimaPro versión 8.2, que es una herramienta desarrollada por Pré Consultants para el Análisis de Ciclo de Vida que analiza y compara los aspectos medioambientales de un producto de una manera sistemática siguiendo las recomendaciones de las normas ISO serie 14040. También, se utilizan bases de datos publicadas y disponibles en el SimaPro.

g. Aseveraciones comparativas: No se va a hacer comparación con ningún tipo de combustible ni biocombustible.

## 5.2.2 Etapa II: Inventario de ciclo de vida (ICV)

### 5.2.2.1 Análisis de inventario y recolección de datos

La información para la construcción del inventario se recolectó directamente en el ingenio del estudio de caso. Para este fin, se utilizaron los formatos diseñados por el Centro de Investigación de la Caña de Azúcar (CENICAÑA), que fueron específicos para consignar la información requerida en cada uno de los procesos estudiados (CENICAÑA no permitió anexar los formatos, debido a que están en proceso de validación).

**Tabla 73. Información recolectada en los formatos de CENICAÑA**

Formulario	Secciones	Información Recolectada
<b>Campo</b>	6 Secciones 28 Items	- Uso de insumos
		- Consumo de combustible
		- Consumo de energía eléctrica
		- Consumo de agua
<b>Cosecha</b>	3 secciones 8 items	- Consumo de combustible
		- Cantidad de caña por tipo de cosecha
		- Uso de insumos
<b>Fábrica de azúcar</b>	5 secciones 16 items	- Consumo de energía
		- Consumo de agua
		- Efluentes
		- Uso de insumos
<b>Destilería</b>	3 secciones 6 items	- Consumo de energía
		- Consumo de agua
		- Efluentes
		- Uso de insumos
<b>Cogeneración</b>	3 secciones 7 items	- Combustible utilizado
		- Energía producida
		- Energía vendida

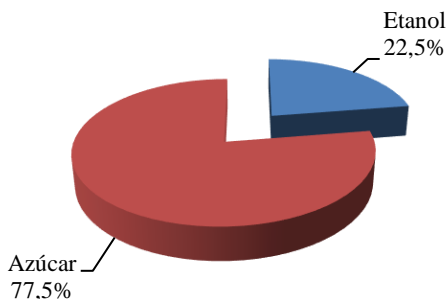
**Fuente:** Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (CENICAÑA). (2016). Cálculo de Huella de Carbono del Alcohol Carburante Colombiano. Documento de trabajo.

Los datos secundarios fueron tomados de las bases de datos publicadas y disponibles en SimaPro versión 8.2 y correspondieron principalmente a las emisiones indirectas (producción de insumos y transporte de estos).

### 5.2.2.2 Procedimientos de asignación

Para el caso de la producción de etanol a partir de caña de azúcar en esta investigación, se consideran como productos comercializables el azúcar, el etanol, y la energía eléctrica vendida; los productos tenidos en cuenta comparten los procesos de campo, cosecha y fabricación de azúcar crudo. Dado que no se pueden separar los procesos unitarios para cada uno de los productos en las etapas mencionadas, se hace necesario asignar las emisiones. La producción de alcohol carburante en el ingenio del caso de estudio se realiza del aprovechamiento de mieles de centrífuga (miel B y miel A). En promedio, para el ingenio del presente análisis son necesarias 54,3 toneladas de caña para la producción de 1m<sup>3</sup> de bioetanol; del total el 77,5% (42,1 toneladas de caña) se utilizan para la elaboración de azúcar y el 22,5% (12,2 toneladas de caña) se utilizan para la elaboración de

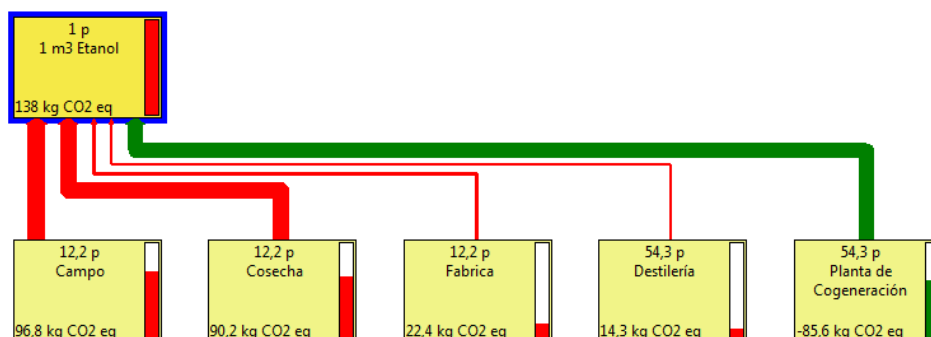
etanol. Los azúcares fermentables (sacarosa, glucosa y fructosa) presentes en la materia prima que se envía a la destilería son los que se convierten mediante la acción de un microorganismo (la levadura), en etanol. Las emisiones de campo, cosecha y fábrica de azúcar se asignan proporcionalmente al azúcar y alcohol con respecto a la distribución de azúcares fermentables en estos productos. La distribución o asignación promedio para el estudio, se observa en la Figura 18.



**Figura 18. Asignación de las emisiones de campo, cosecha y fábrica de azúcar**

Fuente: Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (CENICANA). (2016). Cálculo de Huella de Carbono del Alcohol Carburante Colombiano. Documento de trabajo.

Esta distribución representa el porcentaje de la caña procesada empleada en la elaboración del etanol carburante y del azúcar.



**Figura 19. Asignación parametrizada en el software SimaPro**

Fuente: Software SimaPro, 2020

Para la producción de energía térmica y eléctrica requerida en el proceso productivo se considera la energía disponible (cantidad y poder calorífico) del bagazo proveniente de la caña desviada a la producción de etanol carburante; en caso de no ser suficiente, en el Ingenio se completa el requerimiento de energía con cascarilla de café; para el periodo estudiado no se utilizó carbón.

#### 5.2.2.3 Factores de emisión

*Combustibles:* Los factores de emisión corresponden a los reportados por la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) en su Calculadora FECOC (Factores de emisión de combustibles colombianos) (UPME, 2016), siendo estos los factores más adecuados para el análisis realizado, en la Tabla 74 se observan los factores utilizados.

**Tabla 74. Factores de emisión combustibles**

Combustión de:	kg CO <sub>2</sub> /TJ	kg CH <sub>4</sub> /TJ	kg N <sub>2</sub> O/TJ
Carbón Genérico	88136,063	1	1,5
Bagazo	0	30	4
Cascarilla de Café	0	30	4
Fuel Oil	78281,203	3	0,6
Diesel Comercial	74831,823	1	0,6

Fuente: Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). Calculadora de los Factores de Emisión de los combustibles colombianos (FECOC). Recuperado en noviembre de 2016 de la web: [http://www.upme.gov.co/Calculadora\\_Emisiones/aplicacion/calculadora.html](http://www.upme.gov.co/Calculadora_Emisiones/aplicacion/calculadora.html).

Para la combustión de biomasa (bagazo, cascarilla de café) sólo se consideran las emisiones de compuestos como el metano y óxido nitroso debido a que las emisiones de CO<sub>2</sub>, corresponden al que la planta fijó de la atmosfera en su etapa de crecimiento.

*Energía eléctrica:* Los factores de emisión para la energía eléctrica también fueron tomados de la UPME publicados en su Calculadora FECOC para cada año, teniendo en cuenta la distribución de la producción de energía eléctrica en el territorio colombiano.

**Tabla 75. Factores de emisión para energía eléctrica**

Emisiones	2010	2011	2012	2013	2014	2015
kg CO <sub>2</sub> /kWh	0.19	0.22	0.15	0.2	0.19	0,199

Fuente: Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). Calculadora de los Factores de Emisión de los combustibles colombianos (FECOC). Recuperado en noviembre de 2016 de la web: [http://www.upme.gov.co/Calculadora\\_Emisiones/aplicacion/calculadora.html](http://www.upme.gov.co/Calculadora_Emisiones/aplicacion/calculadora.html).

*Emisiones del suelo:* El factor utilizado para las emisiones del suelo debidas a la fertilización con compuestos nitrogenados, corresponde al publicado por el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) como lineamientos para la cuantificación de emisiones GEI. Se considera que el 1% del nitrógeno aplicado en el suelo va a la atmosfera en forma de N<sub>2</sub>O debido a la desnitrificación (0.01 kgN\_N<sub>2</sub>O/kg N aplicado) (Egglestone et al., 2006).

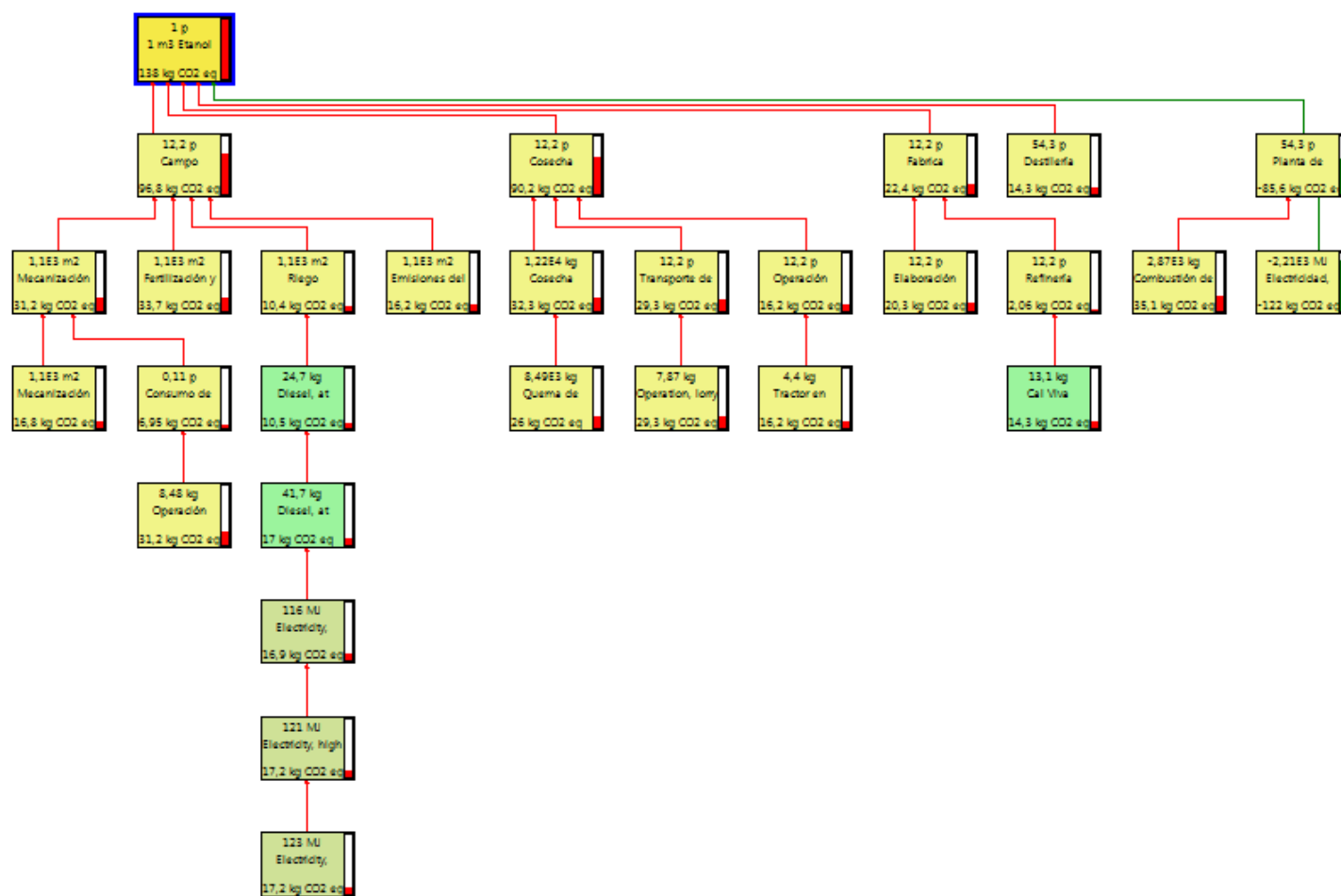
*Quema pre-cosecha:* En los casos donde se realiza quema antes de cosechar la caña, se utilizaron los factores de emisión reportados por Jenkins et al. 1994, obtenidos de la realización de experimentos con residuos de la caña de azúcar quemados en un túnel de viento. Se consideró más acertado que los recomendados por el IPCC en 2006, debido a que son resultados experimentales específicos para residuos de caña de azúcar y los recomendados por el IPCC son para cualquier residuo agrícola.

Emisiones indirectas: las emisiones indirectas son las debidas a la producción de materias primas que se requieren para todas las etapas del proceso, sin incluir la caña de azúcar, y el transporte de estas hasta el ingenio. Para estas emisiones se utilizó la información de la bases de datos que posee el software SimaPro versión 8.2, siendo la más usada Ecoinvent.



#### 5.2.2.4 Descripción cuantitativa y cualitativa de los procesos unitarios

La descripción del sistema bajo estudio, se consolidó en el numeral 5.1 del presente documento. En esta sección se presenta la red de procesos para el análisis de 1 m<sup>3</sup> de etanol, y el inventario de ciclo de vida (que se soporta en la información del sistema estudiado).



**Figura 20. Red de procesos para el análisis de 1 m<sup>3</sup> de etanol (categoría de cambio climático)**

Fuente: Software SimaPro, 2016.

### 5.2.2.5 Inventario de Ciclo de Vida

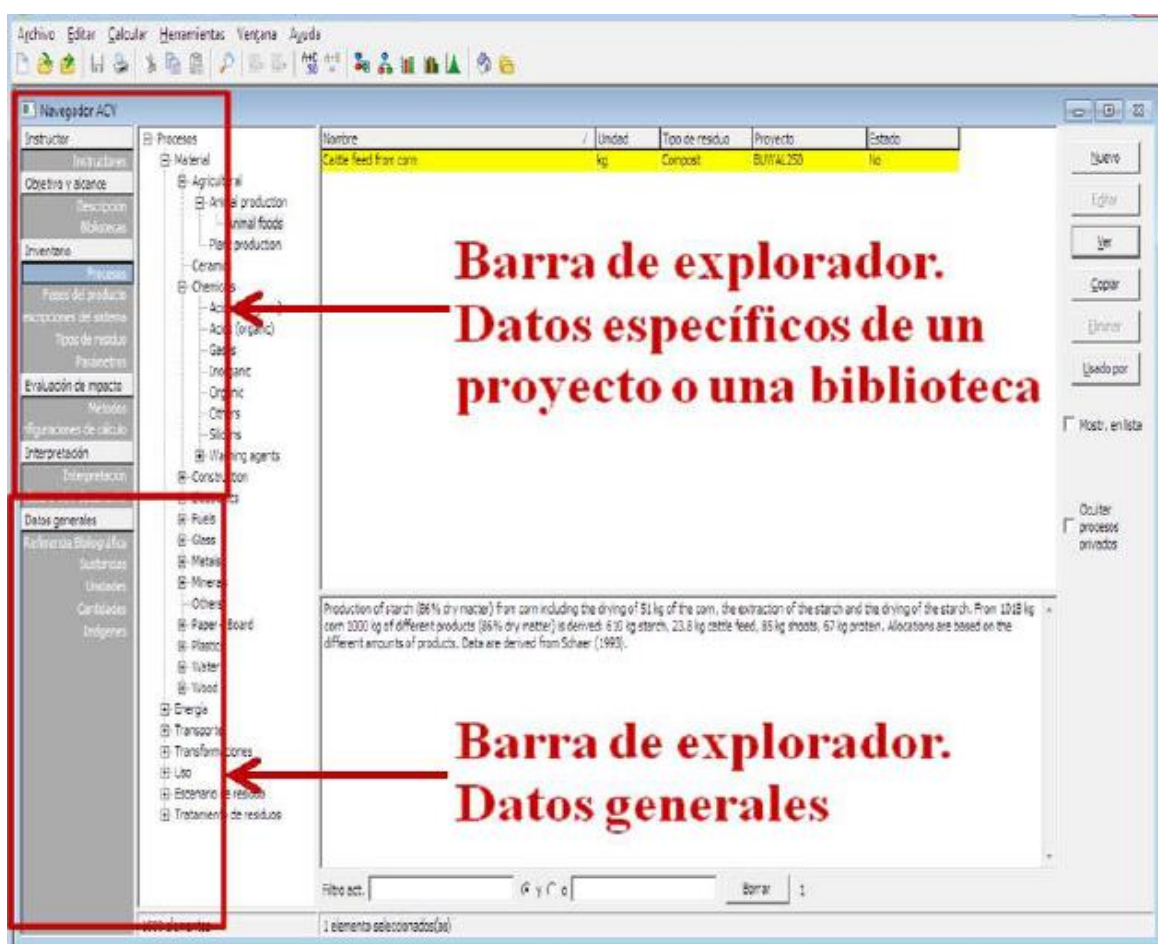
A continuación, se presentan los datos y los procedimientos de cálculo que se utilizaron en el software SimaPro, para identificar y cuantificar todos los efectos ambientales asociados a la unidad funcional.

La estructura de la base de datos del software SimaPro presenta 3 niveles:

**Datos del proyecto:** Datos específicos del proyecto que se está realizando.

**Datos de biblioteca (o BBDD):** Datos generales que nos sirven de recurso para nuestro proyecto.

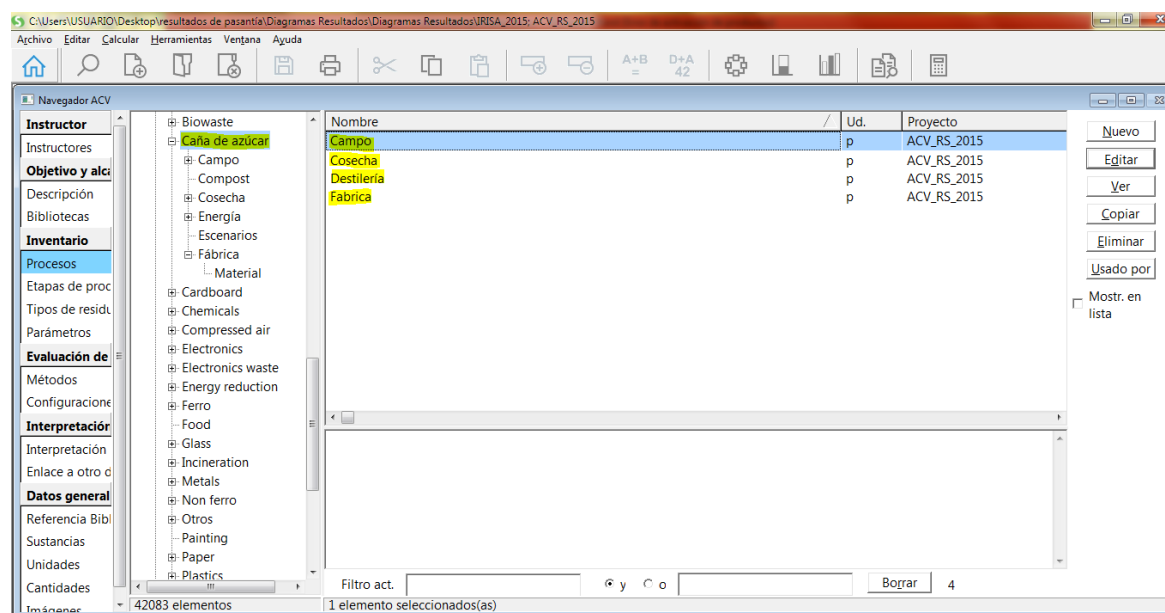
**Datos generales:** Datos comunes de soporte para todas las bibliotecas y proyectos (factores de conversión y lista principal de sustancias).



**Figura 21. Estructura de los datos en el software SimaPro**

Fuente: Software SimaPro, 2020.

Después, se creó la categoría “Caña de azúcar” en la lista de procesos, y las hojas de entradas y salidas para los procesos en los que se divide el estudio.



**Figura 22. Categoría “caña de azúcar” y procesos del estudio**

Fuente: Software SimaPro, 2020.

Con el uso de los datos del inventario se documentó el modelo; a continuación, se presenta como ejemplo el proceso de campo:

**Tabla 76. Descripción del proceso de campo**

Proceso	Subproceso	Actividades
Mecanización CC	Mecanización Plantilla	Aporque Plantilla Consumo
		Cincelado Plantilla Consumo
		Descepado Plantilla Consumo
		Fertilización Plantilla Consumo
		Nivelación Plantilla Consumo
		Rastrillado Plantilla Consumo
		Rastro Arado Plantilla Consumo
		Subsolado Plantilla Consumo
		Surcado Plantilla Consumo
		Encalle Soca Consumo
Fertilización y Nutrición	Mecanización Soca	Subsolado Soca Consumo
		Aporque Soca Consumo
		Fertilización Soca Consumo
		Operación Tractor
		Consumo de combustible por transporte en labores de campo
		Fertilización y Nutrición
		Control de Malezas
		Riego
		Maduración
		Aeroplano (Adaptado consumo de gasolina)
Emisiones del Suelo - IPCC	Emisiones del Suelo – IPCC	

Que se evidencia dentro del software de la siguiente manera:

Productos						
Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos	Cantidad	Ud.	Cantidad	Asignación %	Categoría	Comentario
Campo	1	p	Amount	100 %	Caña de azúcar	Impactos del cultivo en campo por tonelada de caña
(Insertar línea aquí)						
Entradas						
Entradas conocidas desde la tecnósfera (recursos)	Subcompartin	Cantidad	Ud.	Distribución	DS^2 or	Min Máx Comentario
(Insertar línea aquí)						
Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)						
Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)	Cantidad	Ud.	Distribución	DS^2 or	Min Máx	Comentario
Mecanización CC	1/Rendimiento_campo = 0,00901	ha				Área ocupada por 1 ton de caña
Fertilización y Nutrición	1/Rendimiento_campo = 0,00901	ha				Área ocupada por 1 ton de caña
Control de Malezas	1/Rendimiento_campo = 0,00901	ha				Área ocupada por 1 ton de caña
Riego	1/Rendimiento_campo = 0,00901	ha				Área ocupada por 1 ton de caña
Maduración	1/Rendimiento_campo = 0,00901	ha				Área ocupada por 1 ton de caña
Emisiones del Suelo - IPCC	1/Rendimiento_campo = 0,00901	ha				Área ocupada por 1 ton de caña
(Insertar línea aquí)						
Entradas conocidas desde la tecnósfera (electricidad/calor)						
Entradas conocidas desde la tecnósfera (electricidad/calor)	Canti	Ud.	Distribución	DS^2 or	Min Máx	Comentario
(Insertar línea aquí)						

**Figura 23. Estructura de datos en el software SimaPro para el proceso de campo**

Fuente: Software SimaPro, 2020.

Como ejemplo de la consolidación de los datos en el software para los subprocesos del proceso de campo, se presenta el de control de malezas, así:

Productos						
Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos	Cantidad	Ud.	Cantidad	Asignación %	Categoría	Comentario
Control de Malezas	1	ha	Area	100 %	Caña -\Campo	
(Insertar línea aquí)						
Entradas						
Entradas conocidas desde la tecnósfera (recursos)	Subcompartin	Cantidad	Ud.	Distribución	DS^2 or	Min Máx Comentario
(Insertar línea aquí)						
Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)						
Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)	Cantidad	Ud.	Distribución	DS^2 or	Min Máx	Comentario
2,4-D, at regional storehouse/RER U	1,1614	kg	Reg. norr	1,05		(1,1,1,1,1,na)Amina
Glyphosate, at regional storehouse/RER U	0,7291	kg	Reg. norr	1,05		(1,1,1,1,1,na)
Triazine-compounds, at regional storehouse/RER U	Triazines = 1,01	kg	Reg. norr	1,05		Terbutrina + Ametrina
Diuron, at regional storehouse/RER U	1,2	kg	Reg. norr	1,05		(1,1,1,1,1,na)
Herbicides, at regional storehouse/RER U	0,496	kg	Reg. norr	1,05		(1,1,1,1,1,na)Picloran+
Transport, lorry 3.5-16t, fleet average/RER U	0	tkm	Indefinid			
(Insertar línea aquí)						
Entradas conocidas desde la tecnósfera (electricidad/calor)						
Entradas conocidas desde la tecnósfera (electricidad/calor)	Canti	Ud.	Distribución	DS^2 or	Min Máx	Comentario
(Insertar línea aquí)						

**Figura 24. Estructura de datos en el software SimaPro para el subproceso de control de malezas**

Fuente: Software SimaPro, 2020.

El inventario completo del ingenio del estudio de caso, para la producción de etanol de la caña de azúcar se encuentra en el Anexo 5. Además, en el capítulo 5, numeral 5.1 Sistema bajo estudio, para cada etapa del ciclo de vida que se contempló, se hizo la descripción del inventario así:

5.1.1 Descripción del proceso de campo, numeral 5.1.1.12 Inventario de datos para las labores de campo (año 2015).

5.1.2 Descripción del proceso de cosecha, numeral 5.1.2.5 Inventario de datos para las labores de cosecha (año 2015).

5.1.3 Descripción del proceso de Fábrica, numeral 5.1.3.7 Inventario de datos para las labores de fábrica (año 2015).

5.1.4 Descripción del proceso de cogeneración de energía, numeral 5.1.4.1 Inventario de datos para las labores de cogeneración de energía (año 2015)

5.1.5 Producción de alcohol carburante, numeral 5.1.5.5 Inventario de datos para la planta de alcohol carburante (año 2015).

También se adjuntó, para cada etapa, el diagrama de entradas y salidas así: Anexo 6. Diagramas de entradas y salidas. Campo; Anexo 7. Diagrama de entradas y salidas. Cosecha; Anexo 8. Diagrama de entradas y salidas. Fábrica; Anexo 9. Diagrama de entradas y salidas. Producción de etanol; Anexo 10. Diagrama de entradas y salidas. Cogeneración de energía.

#### 5.2.2.6 Análisis de calidad de datos

*Cobertura relacionada al tiempo:* En el alcance del estudio se estableció que el año de referencia es el 2015. Para los procesos específicos, los datos recolectados son enero a diciembre del año 2015.

*Cobertura geográfica:* El estudio se realizó para el Ingenio Risaralda S.A. y su área de influencia.

#### 5.2.2.7 Cobertura tecnológica

Los datos recolectados aplican a la situación tecnológica promedio de la producción de etanol de caña de azúcar, en Colombia.

***Precisión:*** Los datos son precisos para la producción de etanol de caña de azúcar, en el Ingenio Risaralda S.A.

***Integridad:*** Toda la información relevante y los datos necesarios para la interpretación están disponibles y completos.

***Representatividad:*** Los datos representan la situación real de la producción de etanol en el Ingenio Risaralda S.A.

***Coherencia:*** La metodología de un ACV fue aplicada consistentemente en todas las etapas del estudio.

**Reproducibilidad:** Algunos datos en el ICV son confidenciales; los resultados reportados en el estudio pueden ser reproducidos parcialmente.

**Fuentes de información:** Los datos para el análisis son datos primarios recolectados en el Ingenio Risaralda S.A., y datos secundarios obtenidos de la Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar (ASOCAÑA), el Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (CENICAÑA) y de otras investigaciones publicadas. También, se utilizaron las bases de datos publicadas y disponibles en el software SimaPro versión 8.2.

**Incertidumbre:** Las principales causas de incertidumbre se presentan por la inclusión de esta metodología en la evaluación ambiental de los ingenios azucareros en Colombia. Existen incertidumbres en los datos usados para generar el inventario, la metodología usada para analizar el inventario y para evaluar el impacto, y en los datos usados como referencia para la normalización.

### 5.2.3 Etapa III: Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida (EICV)

#### 5.2.3.1 Método de evaluación de impacto y categorías de impacto analizadas

El proyecto utilizó la metodología del Análisis de Ciclo de Vida (ACV), para caracterizar el impacto ambiental potencial de las actividades realizadas para la producción de bioetanol en el Ingenio Risaralda S.A. La metodología del ACV se aplica de acuerdo a la norma NTC ISO 14040:2007 “Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Principios y marco de referencia”. Teniendo en cuenta la gran cantidad de datos que se utilizan, se optó por utilizar el software SimaPro versión 8.2, para elaborar el inventario del ciclo de vida y realizar las evaluaciones de impacto correspondientes. Este software, incorpora numerosas bases de datos de ACV, las cuales disponen información útil para el presente estudio.

El método seleccionado para la evaluación de todas las categorías de impacto ambiental consideradas, fue ReCiPe (Goedkoop et al., 2009), que fue creado por RIVM, CML, PRé Consultants, Radboud Universiteit Nijmegen y CE Delft. Este método permite realizar evaluaciones de impacto a nivel medio y a nivel final y según diferentes perspectivas:

**Individualista (I):** se basa en un interés a corto plazo, con una perspectiva temporal de 100 años o menos. Se asienta en una visión optimista, que supone que los avances tecnológicos resolverán muchos problemas en el futuro.

**Jerárquica (H):** es un modelo de consenso, basado en los principios más comunes respecto a plazo temporal y otros. Es considerado como el modelo por defecto. **Fue la que se utilizó para la presente investigación debido a que es la comúnmente usada, para homogenizar los datos suministrados del proceso de producción.**

**Igualitaria (E):** es la perspectiva más cauta. Posee el periodo de tiempo más largo.

Para realizar la evaluación de impacto a nivel medio, se utilizó el método ReCiPe Midpoint (H) V1.12 / World Recipe H. De este modo, los impactos ambientales correspondientes a cada categoría se expresan mediante los indicadores a nivel medio (“midpoint indicator”) que se muestran en la Tabla 77.

**Tabla 77. Categorías e indicadores de impacto a nivel medio y conexión con las categorías de impacto a nivel final**

CATEGORÍA DE IMPACTO	Indicador de impacto a nivel medio	Categoría de impacto a nivel final*		
		Daños a la salud humana (HH)	Daños a la diversidad de los ecosistemas (ED)	Daños a la disponibilidad de recursos (RA)
Cambio climático	kg CO <sub>2</sub> eq	X		
Agotamiento de la capa de ozono	kg CFC <sup>-11</sup> eq	X		
Acidificación terrestre	kg SO <sub>2</sub> eq		X	
Eutrofización de agua dulce	kg P eq		X	
Eutrofización marina	kg N eq		X	
Toxicidad humana	kg 1,4-DB eq	X		
Formación de oxidantes fotoquímicos	kg NMVOC	X		
Formación de material particulado	kg PM <sub>10</sub> eq	X		
Ecotoxicidad terrestre	kg 1,4-DB eq		X	
Ecotoxicidad de agua fresca	kg 1,4-DB eq		X	
Ecotoxicidad marina	kg 1,4-DB eq		X	
Radiación ionizante	kBq U <sup>235</sup> eq	X		
Ocupación de suelo agrícola	m <sup>2</sup> a		X	
Ocupación de suelo urbano	m <sup>2</sup> a		X	
Transformación de suelo natural	m <sup>2</sup> a		X	
Agotamiento de agua	m <sup>3</sup>			
Agotamiento de metales	kg Fe eq			X
Agotamiento de combustibles fósiles	kg oil eq			X

Fuente: Goedkoop, M. Heijungs, R. Huijbregts, M. De Schryver, A. Struijs, J. van Zelm, R. (2009). ReCiPe 2008: A life cycle impact assessment method which comprises harmonized category indicators at the midpoint and the endpoint level). (1ra ed.)

Para realizar la evaluación de impacto a nivel final, esta metodología da la opción de utilizar el método ReCiPe Endpoint (H) V1.12 / World Recipe H. Mediante la evaluación de impacto a nivel final, los resultados de los impactos asociados a cada categoría de impacto a nivel medio se agregan en tres únicas categorías de impacto a nivel final.

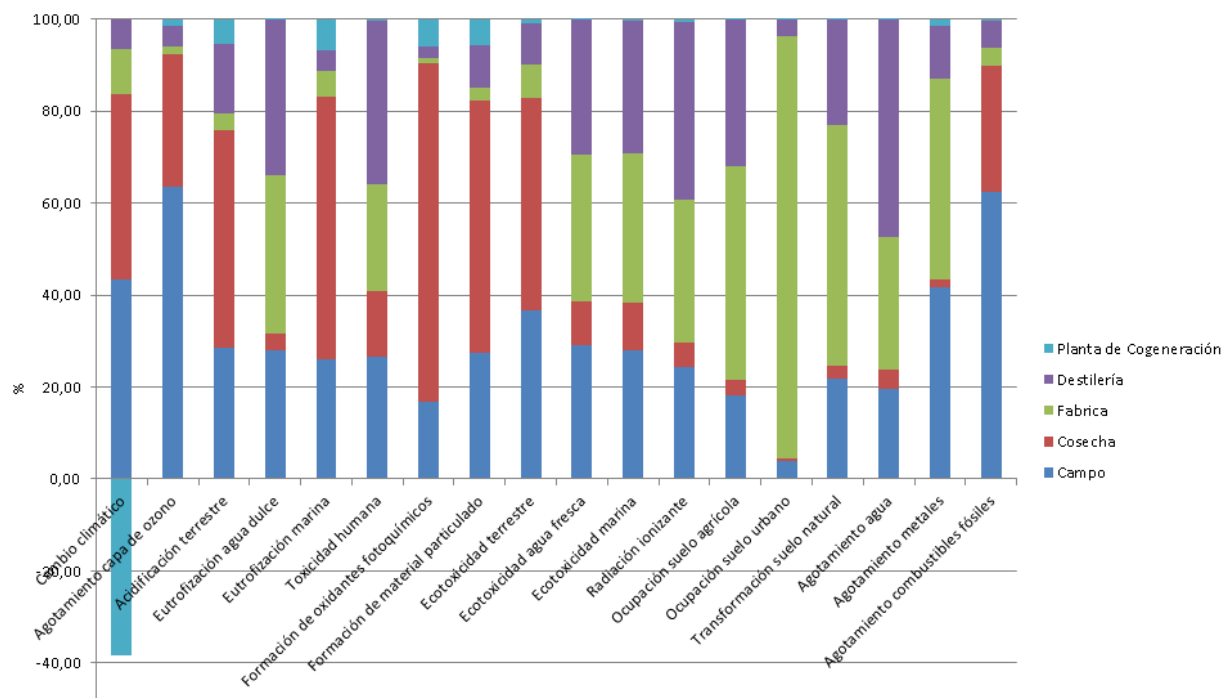
**Tabla 78. Categorías e indicadores de impacto a nivel final**

CATEGORÍA DE IMPACTO	Indicador de impacto a nivel medio
Daños a la salud humana (HH)	DALY (del inglés “Disability Adjusted Life Years”, años de vida ajustados a una discapacidad)
Daños a la diversidad de los ecosistemas (ED)	Especies x año (pérdida de especies durante un año)
Daños a la disponibilidad de recursos (RA)	\$ (aumento del coste en dólares)

Fuente: Goedkoop, M. Heijungs, R. Huijbregts, M. De Schryver, A. Struijs, J. van Zelm, R. (2009). ReCiPe 2008: A life cycle impact assessment method which comprises harmonized category indicators at the midpoint and the endpoint level). (1ra ed.)

### 5.2.3.2 EICV de la producción de bioetanol de la caña de azúcar en el ingenio del estudio de caso

En la Figura 25 se puede observar que el proceso de campo es el principal responsable en las siguientes **4**, de las 18 categorías de impacto así: Cambio climático, Agotamiento de la capa de ozono, Agotamiento de agua y Agotamiento de combustibles fósiles. El proceso de cosecha contribuye en su mayoría, a **5** de las 18 categorías de impacto, así: Acidificación terrestre, Eutrofización marina, Formación de oxidantes fotoquímicos, Formación de material particulado y Ecotoxicidad terrestre. El proceso de fábrica es el contribuyente más importante de **7** de las 18 categorías de impacto, así: Eutrofización de agua dulce, Ecotoxicidad de agua fresca, Ecotoxicidad marina, Ocupación de suelo agrícola, Ocupación de suelo urbano, Transformación de suelo natural y Agotamiento de metales. El proceso de destilería es el principal responsable de **2** de las 18 categorías de impacto, así: Toxicidad humana y Radiación ionizante. El proceso de planta de cogeneración genera un impacto ambiental positivo, pues evita el consumo de energía eléctrica de la red nacional.



**Figura 25. Asignación porcentual de la Evaluación de Inventario de Ciclo de Vida (caracterización)**

Fuente: Software SimaPro, 2016.



La Tabla 79 muestra el porcentaje de contribución de cada etapa del ciclo de vida para cada impacto potencial y se resaltan en color verde los porcentajes que tienen los datos más altos, para cada una de las categorías de impacto.

**Tabla 79. Evaluación de Inventario de Ciclo de Vida de la producción de 1 m<sup>3</sup> de bioetanol de la caña de azúcar**

Categoría de impacto	Unidad	Total	Campo		Cosecha		Fabrica		Destilería		Planta de Cogeneración	
				%		%		%		%		%
Cambio climático	kg CO <sub>2</sub> eq	138,11	96,77	70,10	90,24	65,30	22,40	16,20	14,31	10,40	-85,60	-62,00
Agotamiento capa de ozono	kg CFC-11 eq	0,00	0,00	63,59	0,00	28,93	0,00	1,66	0,00	4,41	0,00	1,40
Acidificación terrestre	kg SO <sub>2</sub> eq	2,08	0,60	28,59	0,99	47,28	0,08	3,61	0,31	15,05	0,11	5,47
Eutrofización agua dulce	kg P eq	0,02	0,01	27,92	0,00	3,79	0,01	34,34	0,01	33,92	0,00	0,03
Eutrofización marina	kg N eq	0,11	0,03	26,15	0,06	57,01	0,01	5,61	0,01	4,50	0,01	6,72
Toxicidad humana	kg 1,4-DB eq	19,16	5,08	26,53	2,77	14,45	4,44	23,18	6,81	35,52	0,06	0,32
Formación de oxidantes fotoquímicos	kg NMVOC	3,55	0,60	16,91	2,62	73,64	0,03	0,96	0,09	2,53	0,21	5,95
Formación de material particulado	kg PM <sub>10</sub> eq	0,79	0,22	27,37	0,43	54,95	0,02	2,75	0,07	9,33	0,04	5,60
Ecotoxicidad terrestre	kg 1,4-DB eq	0,01	0,00	36,58	0,01	46,18	0,00	7,52	0,00	8,80	0,00	0,93
Ecotoxicidad agua fresca	kg 1,4-DB eq	0,39	0,11	29,18	0,04	9,38	0,13	31,92	0,12	29,42	0,00	0,10
Ecotoxicidad marina	kg 1,4-DB eq	0,41	0,11	27,86	0,04	10,47	0,13	32,56	0,12	28,76	0,00	0,34
Radiación ionizante	kBq U <sub>235</sub> eq	14,65	3,56	24,28	0,77	5,25	4,56	31,09	5,67	38,67	0,10	0,70
Ocupación suelo agrícola	m <sup>2</sup> a	0,09	0,02	18,29	0,00	3,38	0,04	46,47	0,03	31,85	0,00	0,02
Ocupación suelo urbano	m <sup>2</sup> a	0,47	0,02	3,95	0,00	0,50	0,43	91,82	0,02	3,73	0,00	0,00
Transformación suelo natural	m <sup>2</sup>	0,00	0,00	21,87	0,00	2,83	0,00	52,21	0,00	23,07	0,00	0,02
Agotamiento agua	m <sup>3</sup>	3,75	0,74	19,66	0,16	4,26	1,08	28,78	1,77	47,19	0,00	0,11
Agotamiento metales	kg Fe eq	0,17	0,07	41,64	0,00	1,66	0,07	43,73	0,02	11,38	0,00	1,58
Agotamiento combustibles fósiles	kg oil eq	76,78	48,03	62,56	20,93	27,25	3,14	4,09	4,46	5,81	0,23	0,29

Fuente: Software SimaPro, 2016.

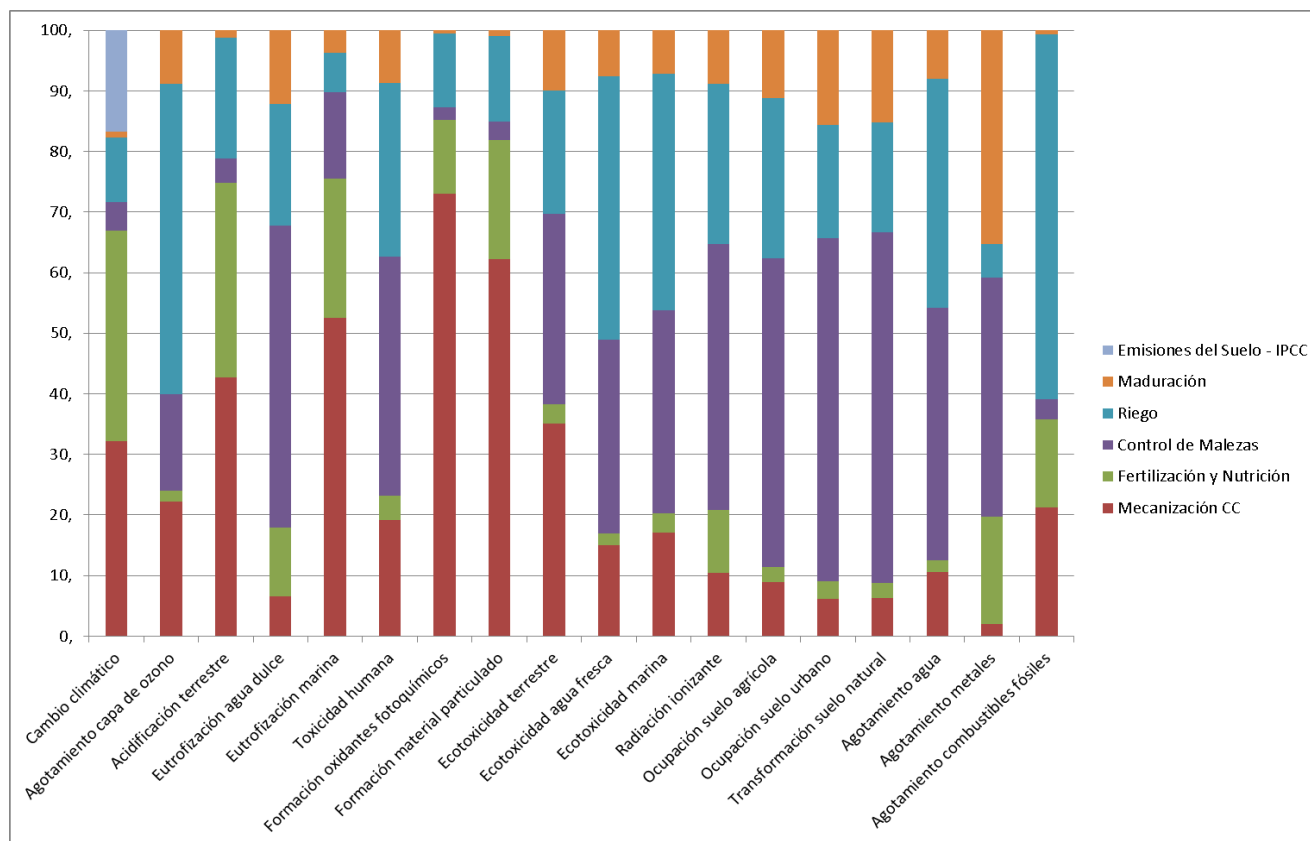
La Tabla 80 muestra la contribución para cada impacto potencial, teniendo en cuenta el flujo de referencia del estudio, que es la producción anual de etanol carburante en el Ingenio Risaralda S.A. que para el año 2015 fue 28.215,58 m<sup>3</sup>. Se evidencia que las proporciones porcentuales se mantienen, pero los datos cambian.

**Tabla 80. Evaluación de Inventario de Ciclo de Vida de la producción de 28.215,58 m<sup>3</sup> de bioetanol de la caña de azúcar**

Categoría de impacto	Unidad	Total	Campo		Cosecha		Fabrica		Destilería		Planta de Cogeneración	
				%		%		%		%		%
Cambio climático	kg CO <sub>2</sub> eq	3.896.975,67	2.730.444,18	70,10	2.546.152,68	65,30	631.893,41	16,20	403.826,95	10,40	-2.415.341,55	-62,00
Agotamiento capa de ozono	kg CFC-11 eq	0,96	0,61	63,59	0,28	28,93	0,02	1,66	0,04	4,41	0,01	1,40
Acidificación terrestre	kg SO <sub>2</sub> eq	58.819,77	16.815,37	28,59	27.809,09	47,28	2.124,38	3,61	8.853,26	15,05	3.217,67	5,47
Eutrofización agua dulce	kg P eq	591,77	165,21	27,92	22,42	3,79	203,24	34,34	200,75	33,92	0,15	0,03
Eutrofización marina	kg N eq	3.207,74	838,94	26,15	1.828,78	57,01	180,05	5,61	144,35	4,50	215,63	6,72
Toxicidad humana	kg 1,4-DB eq	540.716,20	143.459,83	26,53	78.153,48	14,45	125.328,09	23,18	192.069,25	35,52	1.705,55	0,32
Formación de oxidantes fotoquímicos	kg NMVOC	100.293,78	16.961,87	16,91	73.861,03	73,64	962,76	0,96	2.539,93	2,53	5.968,18	5,95
Formación de material particulado	kg PM10 eq	22.293,00	6.101,34	27,37	12.251,03	54,95	612,50	2,75	2.079,38	9,33	1.248,74	5,60
Ecotoxicidad terrestre	kg 1,4-DB eq	336,43	123,06	36,58	155,36	46,18	25,30	7,52	29,60	8,80	3,12	0,93
Ecotoxicidad agua fresca	kg 1,4-DB eq	11.050,86	3.224,46	29,18	1.036,18	9,38	3.527,88	31,92	3.250,97	29,42	11,36	0,10
Ecotoxicidad marina	kg 1,4-DB eq	11.459,24	3.192,75	27,86	1.200,21	10,47	3.731,45	32,56	3.296,07	28,76	38,77	0,34
Radiación ionizante	kBq U235 eq	413.466,99	100.402,86	24,28	21.722,47	5,25	128.539,82	31,09	159.898,51	38,67	2.903,33	0,70
Ocupación suelo agrícola	m <sup>2</sup> a	2.671,06	488,53	18,29	90,19	3,38	1.241,19	46,47	850,64	31,85	0,52	0,02
Ocupación suelo urbano	m <sup>2</sup> a	13.343,42	526,95	3,95	66,27	0,50	12.252,34	91,82	497,49	3,73	0,38	0,00
Transformación suelo natural	m <sup>2</sup>	11,95	2,61	21,87	0,34	2,83	6,24	52,21	2,76	23,07	0,00	0,02
Agotamiento agua	m <sup>3</sup>	105.788,83	20.799,25	19,66	4.506,09	4,26	30.445,26	28,78	49.922,37	47,19	115,86	0,11
Agotamiento metales	kg Fe eq	4.716,33	1.963,74	41,64	78,34	1,66	2.062,64	43,73	536,94	11,38	74,66	1,58
Agotamiento combustibles fósiles	kg oil eq	2.166.513,16	1.355.311,76	62,56	590.456,57	27,25	88.510,73	4,09	125.884,85	5,81	6.349,25	0,29

Fuente: Software SimaPro, 2016.

La Figura 26 muestra la evaluación de la etapa de campo. Se puede apreciar que la mecanización contribuye en su mayor parte en 5 categorías de impacto (Acidificación terrestre, Eutrofización marina, Formación de oxidantes fotoquímicos, Formación de material particulado y Ecotoxicidad terrestre). La mayor contribución de la etapa de fertilización y nutrición es al Cambio climático. El control de malezas es el principal responsable de 7 categorías (Eutrofización de agua dulce, Toxicidad humana, Radiación ionizante, Ocupación de suelo agrícola, Ocupación de suelo urbano, Transformación de suelo natural y Agotamiento de metales) y el riego aporta en su mayor parte a Agotamiento de la capa de ozono, Ecotoxicidad de agua fresca, Ecotoxicidad marina, Agotamiento de agua y Agotamiento de combustibles fósiles.



**Figura 26. Asignación porcentual de la evaluación de la etapa de campo**

Fuente: Software SimaPro, 2016.

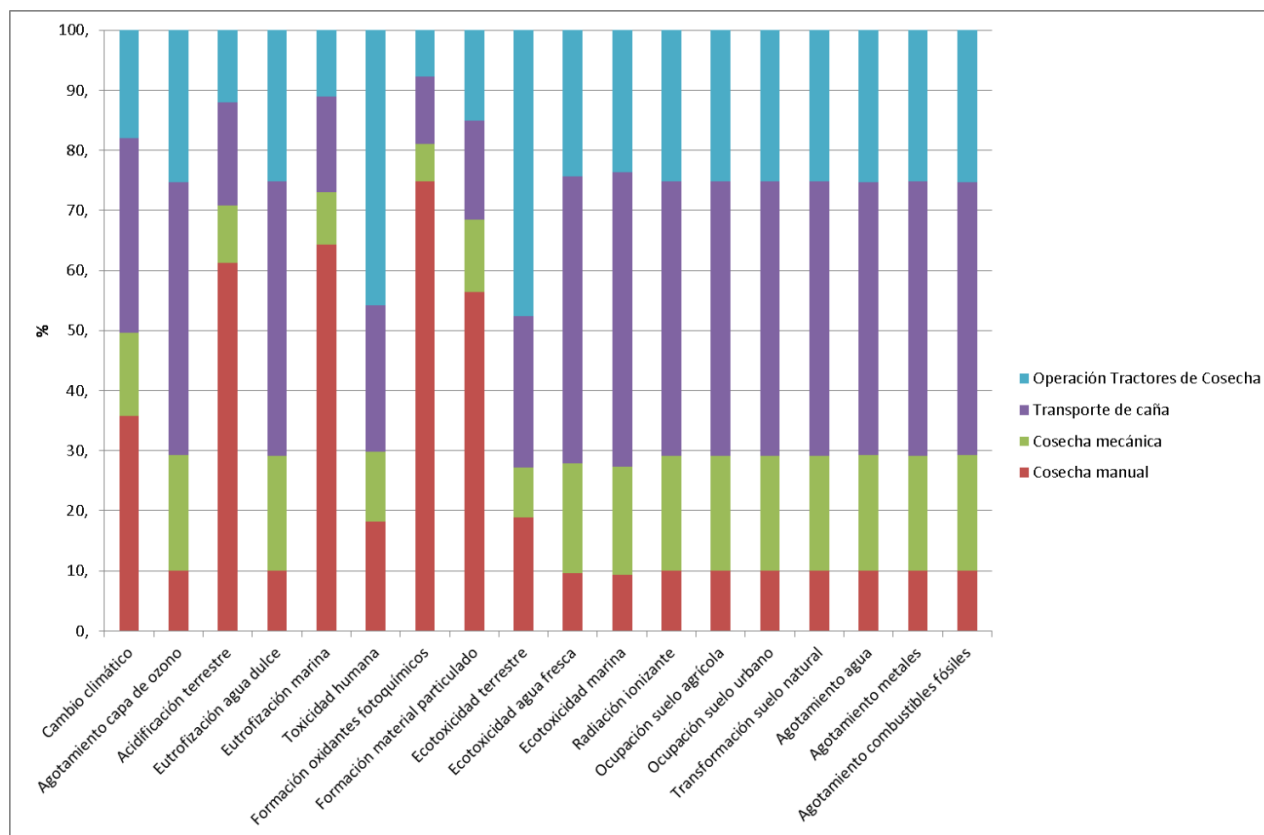
La Tabla 81 muestra los datos y el porcentaje de contribución de cada etapa de campo, para cada impacto potencial y se resaltan en color verde los datos más altos para cada una de las categorías de impacto, para la producción de 28.215,58 m<sup>3</sup> de bioetanol de la caña de azúcar.

**Tabla 81. Evaluación de la etapa de campo de la producción de 28.215,58 m<sup>3</sup> de bioetanol de la caña de azúcar**

Categoría de impacto	Unidad	Total	Mecanización CC		Fertilización y Nutrición		Control de Malezas		Riego		Maduración		Emisiones del Suelo - IPCC	
				%		%		%		%		%		%
Cambio climático	kg CO <sub>2</sub> eq	2.730.444,18	879.521,59	32,21	949.715,38	34,78	124.990,28	4,58	292.838,49	10,72	25.408,15	0,93	457.970,28	16,77
Agotamiento capa de ozono	kg CFC-11 eq	0,61	0,14	22,22	0,01	1,80	0,10	15,87	0,31	51,28	0,05	8,82	0,00	0,00
Acidificación terrestre	kg SO <sub>2</sub> eq	16.815,37	7.172,44	42,65	5.407,88	32,16	681,10	4,05	3.346,18	19,90	207,77	1,24	0,00	0,00
Eutrofización agua dulce	kg P eq	165,21	10,89	6,59	18,75	11,35	82,28	49,80	33,11	20,04	20,19	12,22	0,00	0,00
Eutrofización marina	kg N eq	838,94	440,15	52,47	193,90	23,11	119,60	14,26	54,66	6,52	30,63	3,65	0,00	0,00
Toxicidad humana	kg 1,4-DB eq	143.459,83	27.500,43	19,17	5.700,22	3,97	56.733,06	39,55	41.123,42	28,67	12.402,69	8,65	0,00	0,00
Formación de oxidantes fotoquímicos	kg NMVOC	16.961,87	12.387,16	73,03	2.064,98	12,17	363,84	2,15	2.054,86	12,11	91,02	0,54	0,00	0,00
Formación de material particulado	kg PM10 eq	6.101,34	3.796,26	62,22	1.197,39	19,62	189,69	3,11	863,55	14,15	54,45	0,89	0,00	0,00
Ecotoxicidad terrestre	kg 1,4-DB eq	123,06	43,19	35,10	3,94	3,20	38,57	31,35	25,06	20,37	12,29	9,99	0,00	0,00
Ecotoxicidad agua fresca	kg 1,4-DB eq	3.224,46	481,90	14,95	64,05	1,99	1.031,77	32,00	1.400,69	43,44	246,05	7,63	0,00	0,00
Ecotoxicidad marina	kg 1,4-DB eq	3.192,75	545,84	17,10	103,48	3,24	1.068,87	33,48	1.245,44	39,01	229,11	7,18	0,00	0,00
Radiación ionizante	kBq U235 eq	100.402,86	10.546,28	10,50	10.377,91	10,34	44.103,04	43,93	26.523,68	26,42	8.851,94	8,82	0,00	0,00
Ocupación suelo agrícola	m <sup>2</sup> a	488,53	43,83	8,97	12,20	2,50	248,78	50,92	129,31	26,47	54,41	11,14	0,00	0,00
Ocupación suelo urbano	m <sup>2</sup> a	526,95	32,23	6,12	15,37	2,92	298,19	56,59	98,79	18,75	82,37	15,63	0,00	0,00
Transformación suelo natural	m <sup>2</sup>	2,61	0,16	6,28	0,07	2,54	1,51	57,89	0,47	18,05	0,40	15,24	0,00	0,00
Agotamiento agua	m <sup>3</sup>	20.799,25	2.198,04	10,57	416,07	2,00	8.664,62	41,66	7.846,81	37,73	1.673,72	8,05	0,00	0,00
Agotamiento metales	kg Fe eq	1.963,74	38,04	1,94	350,09	17,83	772,98	39,36	109,74	5,59	692,90	35,28	0,00	0,00
Agotamiento combustibles fósiles	kg oil eq	1.355.311,77	288.299,04	21,27	196.603,45	14,51	45.646,09	3,37	815.652,14	60,18	9.111,05	0,67	0,00	0,00

Fuente: Software SimaPro, 2016.

En la Figura 27 se presenta la evaluación de la etapa de cosecha. Se evidencia que para la cosecha manual, hace una mayor contribución a las categorías de impacto de Cambio climático, Acidificación terrestre, Eutrofización marina, Formación de oxidantes fotoquímicos y Formación de material particulado. El transporte de caña contribuye en mayor grado a a 11 de las 18 categorías de impacto (Agotamiento de la capa de ozono, Eutrofización de agua dulce, Ecotoxicidad de agua fresca, Ecotoxicidad marina, Radiación ionizante, Ocupación de suelo agrícola, Ocupación de suelo urbano, Transformación de suelo natural, Agotamiento de agua, Agotamiento de metales y Agotamiento de combustibles fósiles). La operación de tractores de cosecha hace su mayor aporte a la Ecotoxicidad terrestre.



**Figura 27. Asignación porcentual de la evaluación de la etapa de cosecha**

Fuente: Software SimaPro, 2016.

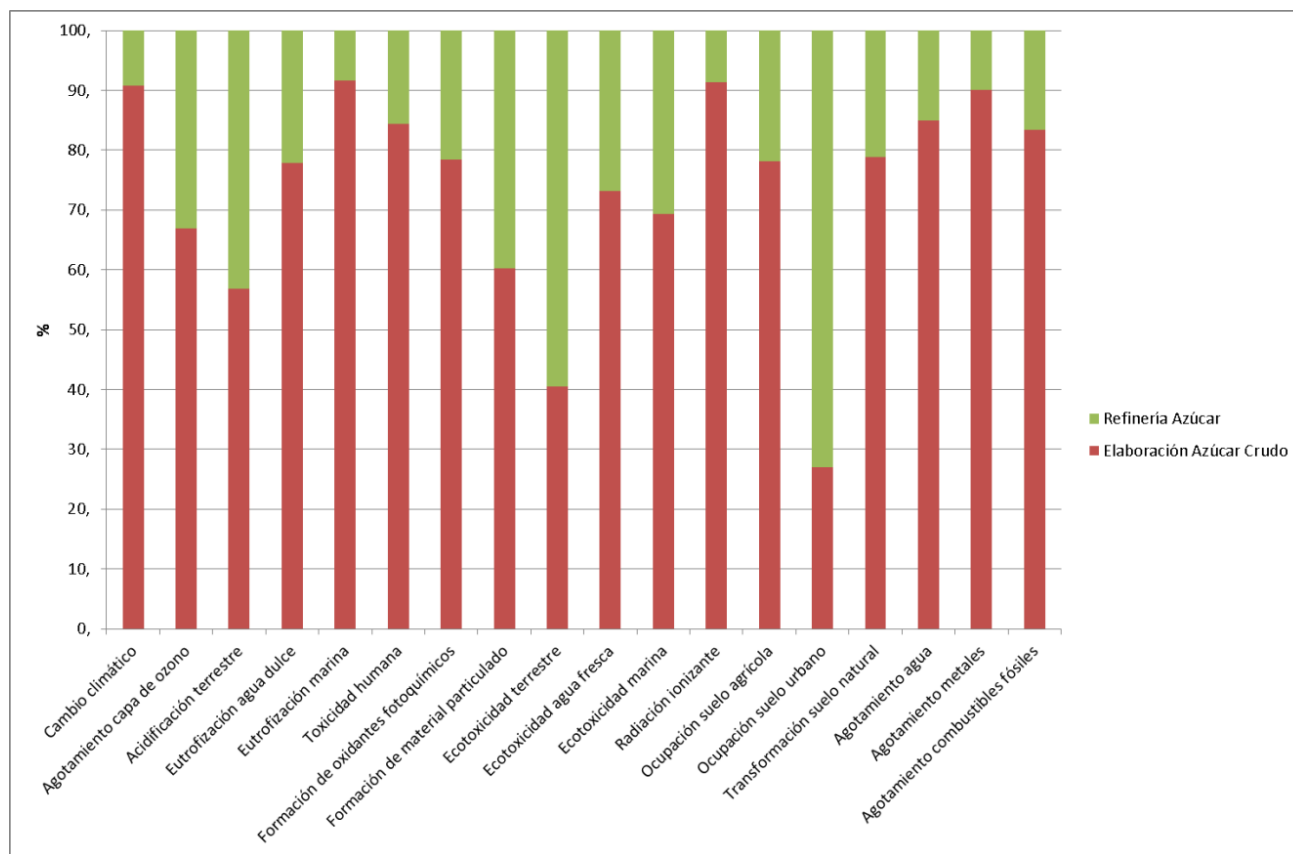
La Tabla 82 muestra los datos y el porcentaje de contribución de cada etapa de cosecha, para cada impacto potencial y se resaltan en color verde los datos más altos para cada una de las categorías de impacto, para la producción de 28.215,58 m<sup>3</sup> de bioetanol de la caña de azúcar.

**Tabla 82. Evaluación de la etapa de cosecha de la producción de 28.215,58 m<sup>3</sup> de bioetanol de la caña de azúcar**

Categoría de impacto	Unidad	Total	Cosecha manual		Cosecha mecánica		Transporte de caña		Operación Tractores de Cosecha	
				%		%		%		%
Cambio climático	kg CO <sub>2</sub> eq	2.546.151,64	910.686,67	35,77	351.205,46	13,79	826.354,43	32,46	457.908,53	17,98
Agotamiento capa de ozono	kg CFC-11 eq	0,28	0,03	10,03	0,07	19,20	0,14	45,42	0,07	25,35
Acidificación terrestre	kg SO <sub>2</sub> eq	27.808,28	17.050,68	61,31	2.625,57	9,44	4.799,17	17,26	3.332,85	11,99
Eutrofización agua dulce	kg P eq	20,70	3,45	9,98	3,45	19,11	10,35	45,69	6,90	25,22
Eutrofización marina	kg N eq	1.828,58	1.176,50	64,26	158,71	8,72	293,26	16,01	200,11	11,01
Toxicidad humana	kg 1,4-DB eq	78.153,00	14.187,05	18,15	9.104,97	11,65	19.020,73	24,34	35.843,70	45,86
Formación de oxidantes fotoquímicos	kg NMVOC	73.861,00	55.312,95	74,89	4.599,06	6,23	8.266,58	11,19	5.678,96	7,69
Formación de material particulado	kg PM <sub>10</sub> eq	12.251,51	6.910,67	56,40	1.476,67	12,06	2.021,79	16,50	1.842,38	15,04
Ecotoxicidad terrestre	kg 1,4-DB eq	155,26	27,60	18,86	13,80	8,30	37,95	25,18	72,45	47,66
Ecotoxicidad agua fresca	kg 1,4-DB eq	1.035,05	100,05	9,64	189,76	18,27	493,37	47,73	251,86	24,36
Ecotoxicidad marina	kg 1,4-DB eq	1.200,66	113,86	9,38	213,91	17,91	589,98	49,01	282,91	23,70
Radiación ionizante	kBq U235 eq	21.722,20	2.166,70	9,97	4.147,09	19,09	9.933,01	45,73	5.475,40	25,20
Ocupación suelo agrícola	m <sup>2</sup> a	89,70	10,35	9,98	17,25	19,11	41,40	45,68	24,15	25,22
Ocupación suelo urbano	m <sup>2</sup> a	65,55	6,90	9,99	13,80	19,13	31,05	45,64	17,25	25,24
Transformación suelo natural	m <sup>2</sup>	0,35	0,03	9,97	0,07	19,10	0,14	45,73	0,07	25,20
Agotamiento agua	m <sup>3</sup>	4.505,91	451,97	10,02	865,99	19,18	2.049,39	45,48	1.142,00	25,32
Agotamiento metales	kg Fe eq	79,35	6,90	9,97	13,80	19,10	34,50	45,73	20,70	25,20
Agotamiento combustibles fósiles	kg oil eq	590.456,73	59.225,43	10,03	113.382,57	19,20	268.208,44	45,42	149.640,29	25,34

Fuente: Software SimaPro, 2016.

En la Figura 28 se evidencia la evaluación de la etapa de fábrica. De la misma, se puede concluir que excepto por la categoría de impacto de Ecotoxicidad terrestre que está en su mayor grado influenciada por la refinería de azúcar, para las otras 17 categorías de impacto, la mayor contribución está dada por la elaboración de azúcar crudo.



**Figura 28. Asignación porcentual de la evaluación de la etapa de fábrica**

Fuente: Software SimaPro, 2016.

La Tabla 83 muestra los datos y el porcentaje de contribución de cada etapa de fábrica, para cada impacto potencial y se resaltan en color verde los datos más altos para cada una de las categorías de impacto, para la producción de 28.215,58 m<sup>3</sup> de bioetanol de la caña de azúcar.

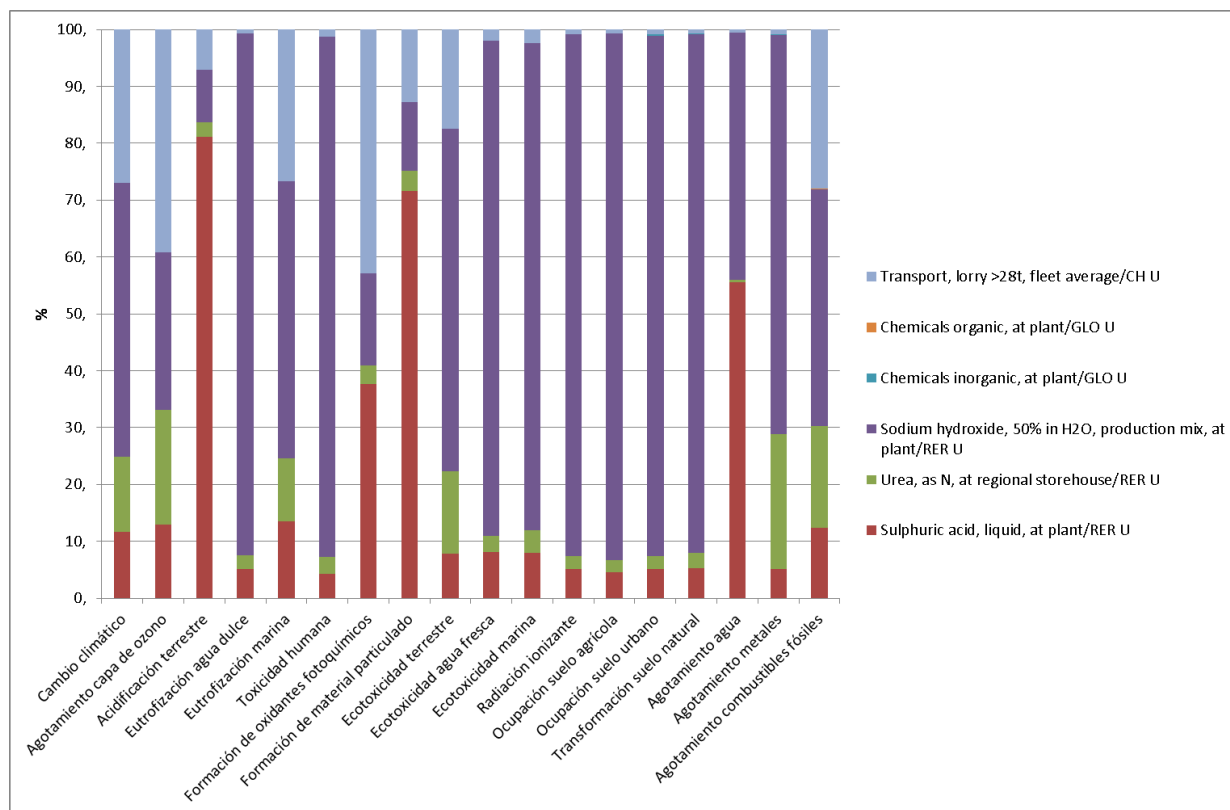
**Tabla 83. Evaluación de la etapa de fábrica de la producción de 28.215,58 m<sup>3</sup> de bioetanol de la caña de azúcar**

Categoría de impacto	Unidad	Total	Elaboración Azúcar Crudo		Refinería Azúcar	
				%		%
Cambio climático	kg CO <sub>2</sub> eq	631.893,41	573.756,73	90,80	58.136,68	9,20
Agotamiento capa de ozono	kg CFC-11 eq	0,02	0,01	66,89	0,01	33,11
Acidificación terrestre	kg SO <sub>2</sub> eq	2.124,38	1.205,98	56,77	918,40	43,23
Eutrofización agua dulce	kg P eq	203,24	158,16	77,82	45,09	22,18
Eutrofización marina	kg N eq	180,05	165,06	91,67	15,00	8,33
Toxicidad humana	kg 1,4-DB eq	125.328,09	105.793,20	84,41	19.534,89	15,59
Formación de oxidantes fotoquímicos	kg NMVOC	962,76	755,07	78,43	207,69	21,57
Formación de material particulado	kg PM <sub>10</sub> eq	612,50	369,01	60,25	243,49	39,75
Ecotoxicidad terrestre	kg 1,4-DB eq	25,30	10,26	40,55	15,04	59,45
Ecotoxicidad agua fresca	kg 1,4-DB eq	3.527,88	2.579,81	73,13	948,07	26,87
Ecotoxicidad marina	kg 1,4-DB eq	3.731,45	2.587,94	69,35	1.143,51	30,65
Radiación ionizante	kBq U235 eq	128.539,82	117.444,73	91,37	11.095,08	8,63
Ocupación suelo agrícola	m <sup>2</sup> a	1.241,19	970,01	78,15	271,18	21,85
Ocupación suelo urbano	m <sup>2</sup> a	12.252,34	3.311,13	27,02	8.941,21	72,98
Transformación suelo natural	m <sup>2</sup>	6,24	4,92	78,88	1,32	21,12
Agotamiento agua	m <sup>3</sup>	30.445,26	25.852,34	84,91	4.592,92	15,09
Agotamiento metales	kg Fe eq	2.062,64	1.857,08	90,03	205,56	9,97
Agotamiento combustibles fósiles	kg oil eq	88.510,73	73.771,90	83,35	14.738,84	16,65

Fuente: Software SimaPro, 2016.



En la Figura 29 se evidencia la evaluación de la etapa de destilería. El uso de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ), contribuye en mayor grado a las categorías de impacto de Acidificación terrestre, Formación de material particulado y Agotamiento de agua. El hidróxido de sodio (NaOH), es el principal contribuyente de 13 de las 18 categorías de impacto (Cambio climático, Eutrofización agua dulce, Eutrofización marina, Toxicidad humana, Ecotoxicidad terrestre, Ecotoxicidad agua fresca, Ecotoxicidad marina, Radiación ionizante, Ocupación suelo agrícola, Ocupación suelo urbano, Transformación suelo natural, Agotamiento metales y Agotamiento combustibles fósiles). El transporte de insumos desde su lugar de origen hace el mayor aporte a Agotamiento de la capa de ozono y Formación de oxidantes fotoquímicos.



**Figura 29. Asignación porcentual de la evaluación de la etapa de destilería**

Fuente: Software SimaPro, 2016.

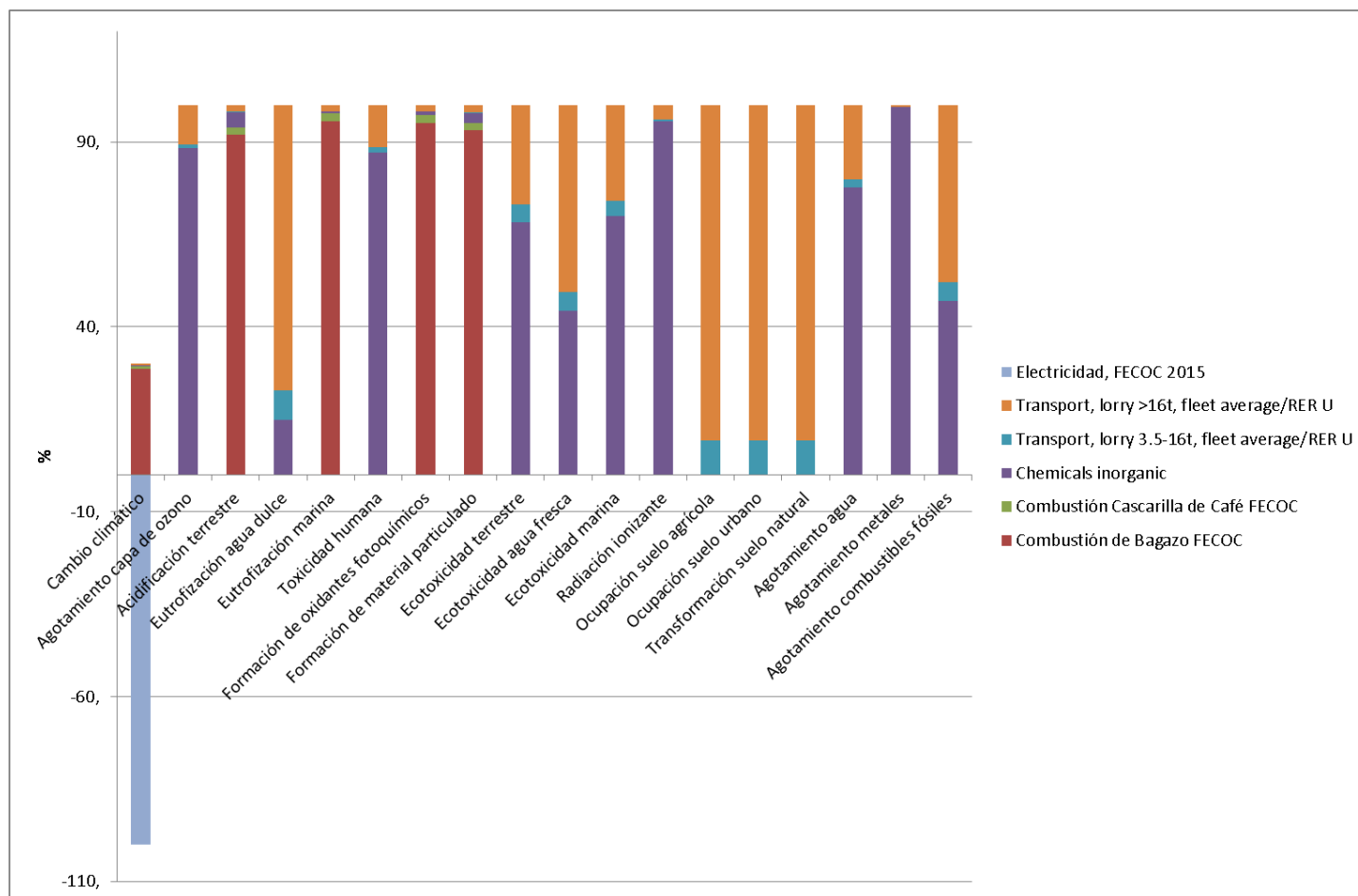
La Tabla 84 muestra los datos y el porcentaje de contribución de cada etapa de destilería, para cada impacto potencial y se resaltan en color verde los datos más altos para cada una de las categorías de impacto, para la producción de 28.215,58 m<sup>3</sup> de bioetanol de la caña de azúcar.

**Tabla 84. Evaluación de la etapa de destilería de la producción de 28.215,58 m<sup>3</sup> de bioetanol de la caña de azúcar**

Categoría de impacto	Unidad	Total	Sulphuric acid, liquid, at plant/RER U		Urea, as N, at regional storehouse/RER U		Sodium hydroxide, 50% in H <sub>2</sub> O, production mix, at plant/RER U		Chemicals inorganic, at plant/GLO U		Chemicals organic, at plant/GLO U		Transport, lorry >28t, fleet average/CH U	
			%		%		%		%		%		%	
Cambio climático	kg CO <sub>2</sub> eq	403.826,95	47.209,18	11,69	53.399,20	13,22	194.358,89	48,13	112,99	0,03	7,25	0,00	108.739,45	26,93
Agotamiento capa de ozono	kg CFC-11 eq	0,04	0,01	12,95	0,01	20,10	0,01	27,70	0,00	0,04	0,00	0,00	0,02	39,21
Acidificación terrestre	kg SO <sub>2</sub> eq	8.853,26	7.178,08	81,08	234,38	2,65	808,34	9,13	0,85	0,01	0,02	0,00	631,59	7,13
Eutrofización agua dulce	kg P eq	200,75	10,22	5,09	4,76	2,37	184,37	91,84	0,04	0,02	0,00	0,00	1,35	0,67
Eutrofización marina	kg N eq	144,35	19,43	13,46	15,99	11,08	70,38	48,76	0,03	0,02	0,00	0,00	38,52	26,69
Toxicidad humana	kg 1,4-DB eq	192.069,25	8.295,68	4,32	5.653,23	2,94	175.583,49	91,42	33,20	0,02	0,72	0,00	2.502,94	1,30
Formación de oxidantes fotoquímicos	kg NMVOC	2.539,93	957,38	37,69	83,57	3,29	410,75	16,17	0,30	0,01	0,02	0,00	1.087,92	42,83
Formación de material particulado	kg PM <sub>10</sub> eq	2.079,38	1.488,78	71,60	73,28	3,52	251,03	12,07	0,23	0,01	0,01	0,00	266,05	12,79
Ecotoxicidad terrestre	kg 1,4-DB eq	29,60	2,31	7,82	4,28	14,46	17,85	60,30	0,01	0,03	0,00	0,00	5,15	17,39
Ecotoxicidad agua fresca	kg 1,4-DB eq	3.250,97	263,14	8,09	92,12	2,83	2.829,80	87,04	0,82	0,03	0,02	0,00	65,08	2,00
Ecotoxicidad marina	kg 1,4-DB eq	3.296,07	261,42	7,93	132,92	4,03	2.823,44	85,66	0,87	0,03	0,02	0,00	77,41	2,35
Radiación ionizante	kBq U235 eq	159.898,51	8.208,54	5,13	3.618,82	2,26	146.733,78	91,77	29,45	0,02	0,69	0,00	1.307,25	0,82
Ocupación suelo agrícola	m <sup>2</sup> a	850,64	38,57	4,53	18,16	2,13	787,96	92,63	0,52	0,06	0,00	0,00	5,42	0,64
Ocupación suelo urbano	m <sup>2</sup> a	497,49	25,31	5,09	11,70	2,35	455,20	91,50	1,29	0,26	0,00	0,00	3,98	0,80
Transformación suelo natural	m <sup>2</sup>	2,76	0,14	5,21	0,07	2,69	2,51	91,19	0,00	0,16	0,00	0,00	0,02	0,74
Agotamiento agua	m <sup>3</sup>	49.922,37	27.699,05	55,48	235,28	0,47	21.713,02	43,49	5,03	0,01	0,35	0,00	269,65	0,54
Agotamiento metales	kg Fe eq	536,94	27,55	5,13	127,57	23,76	376,37	70,10	0,73	0,14	0,01	0,00	4,71	0,88
Agotamiento combustibles fósiles	kg oil eq	125.884,85	15.520,08	12,33	22.552,64	17,92	52.485,68	41,69	27,92	0,02	5,22	0,00	35.293,32	28,04

Fuente: Software SimaPro, 2016.

En la Figura 30, se evidencia la evaluación de la etapa de Cogeneración.



**Figura 30. Asignación porcentual de la evaluación de la etapa de cogeneración**

Fuente: Software SimaPro, 2016.

La Tabla 85 muestra los datos y el porcentaje de contribución de cada etapa de cogeneración, para cada impacto potencial y se resaltan en color verde los datos más altos para cada una de las categorías de impacto, para la producción de 28.215,58 m<sup>3</sup> de bioetanol de la caña de azúcar.

**Tabla 85. Evaluación de la etapa de cogeneración de la producción de 28.215,58 m<sup>3</sup> de bioetanol de la caña de azúcar**

Categoría de impacto	Unidad	Total	Combustión de Bagazo FECOC		Combustión Cascarilla de Café FECOC		Chemicals inorganic		Transport, lorry 3.5-16t, fleet average/RER U		Transport, lorry >16t, fleet average/RER U		Electricidad, FECOC 2015	
				%		%		%		%		%		%
Cambio climático	kg CO2 eq	-2.415.341,55	990.549,88	41,00	21.949,68	0,909	9.844,77	0,408	986,56	0,0408	9.492,94	0,393	-3.448.165,37	-143,00
Agotamiento capa de ozono	kg CFC-11 eq	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	88,27	0,00	1,09	0,00	10,64	0,00	0,00
Acidificación terrestre	kg SO2 eq	3.217,67	2.958,44	91,94	65,56	2,04	130,68	4,06	5,73	0,18	57,26	1,78	0,00	0,00
Eutrofización agua dulce	kg P eq	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	14,79	0,01	7,92	0,12	77,29	0,00	0,00
Eutrofización marina	kg N eq	215,63	206,03	95,55	4,57	2,12	1,16	0,54	0,35	0,16	3,52	1,63	0,00	0,00
Toxicidad humana	kg 1,4-DB eq	1.705,55	0,00	0,00	0,00	0,00	1.488,12	87,25	22,17	1,30	195,27	11,45	0,00	0,00
Formación de oxidantes fotoquímicos	kg NMVOC	5.968,18	5.683,11	95,22	125,93	2,11	51,80	0,87	10,12	0,17	97,22	1,63	0,00	0,00
Formación de material particulado	kg PM10 eq	1.248,74	1.162,25	93,07	25,75	2,06	33,78	2,71	2,58	0,21	24,38	1,95	0,00	0,00
Ecotoxicidad terrestre	kg 1,4-DB eq	3,12	0,00	0,00	0,00	0,00	2,13	68,18	0,15	4,90	0,84	26,92	0,00	0,00
Ecotoxicidad agua fresca	kg 1,4-DB eq	11,36	0,00	0,00	0,00	0,00	5,03	44,24	0,59	5,21	5,74	50,55	0,00	0,00
Ecotoxicidad marina	kg 1,4-DB eq	38,77	0,00	0,00	0,00	0,00	27,15	70,04	1,57	4,06	10,04	25,91	0,00	0,00
Radiación ionizante	kBq U235 eq	2.903,33	0,00	0,00	0,00	0,00	2.778,78	95,71	11,57	0,40	112,98	3,89	0,00	0,00
Ocupación suelo agrícola	m²a	0,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	9,29	0,47	90,71	0,00	0,00
Ocupación suelo urbano	m²a	0,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	9,29	0,34	90,71	0,00	0,00
Transformación suelo natural	m²	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,29	0,00	90,71	0,00	0,00
Agotamiento agua	m³	115,86	0,00	0,00	0,00	0,00	90,16	77,82	2,39	2,06	23,30	20,12	0,00	0,00
Agotamiento metales	kg Fe eq	74,66	0,00	0,00	0,00	0,00	74,21	99,40	0,04	0,06	0,41	0,55	0,00	0,00
Agotamiento combustibles fósiles	kg oil eq	6.349,25	0,00	0,00	0,00	0,00	2.986,58	47,04	312,50	4,92	3.050,18	48,04	0,00	0,00

Fuente: Software SimaPro, 2016.

### 5.2.4 Etapa IV: Interpretación

En la Tabla 86 se presenta el resumen de los principales hallazgos de la EICV para la producción de 1 m<sup>3</sup> de bioetanol de la caña de azúcar.

**Tabla 86. Principales hallazgos de los resultados de la EICV**

Etapa de ciclo de vida	Producción de 1 m <sup>3</sup> de bioetanol de la caña de azúcar
Campo	<p>El proceso de campo es responsable de <b>4</b> de las 18 categorías de impacto, así: cambio climático, agotamiento de la capa de ozono, agotamiento de agua y agotamiento de combustibles fósiles.</p> <p>Para la categoría de impacto de cambio climático, la mayor contribución se evidencia por la actividad de fertilización y nutrición con compuestos nitrogenados, seguido por las labores de preparación del terreno.</p>
Cosecha	<p>El proceso de cosecha es el que contribuye en segundo lugar a la mayoría de las categorías de impacto (<b>5</b> de las 18), así: acidificación terrestre, eutrofización marina, formación de oxidantes fotoquímicos, formación de material particulado y ecotoxicidad terrestre.</p> <p>Para las categorías de impacto de acidificación terrestre, eutrofización marina, formación de oxidantes fotoquímicos y formación de material particulado, la mayor contribución se da por la cosecha manual, en relación con las actividades de quema de caña de azúcar y el consumo de diesel en la alzadora. Respecto a la categoría de impacto de ecotoxicidad terrestre, la mayor contribución se da por la operación de la alzadora en la cosecha manual.</p>
Fábrica	<p>El proceso de fábrica es el principal responsable de la mayoría de categorías de impacto (<b>7</b> de las 18), así: eutrofización de agua dulce, ecotoxicidad de agua fresca, ecotoxicidad marina, ocupación de suelo agrícola, ocupación de suelo urbano, transformación de suelo natural y agotamiento de metales.</p> <p>Los impactos ambientales se dan por la elaboración de azúcar crudo, en general por el uso de productos químicos como cal viva, floculante, ácido fosfórico y azufre.</p>
Destilería	<p>El proceso de destilería contribuye a <b>2</b> de las 18 categorías de impacto, así: Toxicidad humana y Radiación ionizante. Para las dos categorías de impacto, la mayor contribución la aporta el uso de hidróxido de sodio.</p>
Planta de cogeneración	<p>El proceso de cogeneración genera un impacto ambiental positivo en la categoría de cambio climático, pues utiliza la energía en forma de calor producida por el bagazo para generar vapor y luego mediante el uso de turbogeneradores, la energía eléctrica. El vapor de escape del turbogenerador entonces va al proceso productivo mientras que la electricidad es mayoritariamente utilizada para su consumo propio y una porción se vende a la red nacional.</p>

Fuente: El autor, 2016

### 5.2.4.1 Análisis de incertidumbre

El análisis de incertidumbre es un procedimiento sistemático para encontrar y cuantificar la incertidumbre introducida en los resultados de un análisis de inventario del ciclo de vida, debida a efectos acumulativos de la imprecisión del modelo, de las entradas y de la variabilidad de los datos (IMNC, 2008).

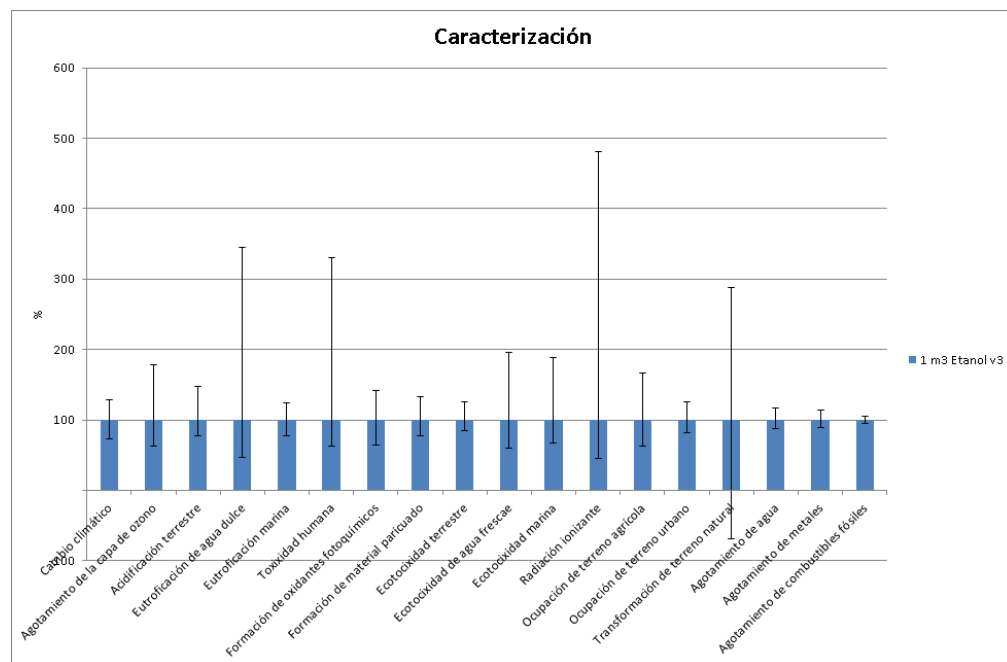
Esta incertidumbre se basa en un enfoque de la matriz de pedigree según el modelo de trabajo publicado por (Weidema, 1998). Se llama matriz pedigree debido a que los indicadores de calidad de datos se refieren a la historia y origen de los datos. Según la matriz pedigree, las fuentes de datos se evalúan de acuerdo con cinco características: fiabilidad, integridad, correlación temporal, correlación geográfica y la correlación de nuevos avances tecnológicos. Cada característica se divide en cinco niveles de calidad con una puntuación entre 1 y 5. Por lo tanto para cada entrada o salida se le atribuye un conjunto de cinco puntuaciones. En el anexo 5. Inventario del ciclo de vida del ingenio del estudio de caso, para la producción de etanol de la caña de azúcar., año 2015, en la columna de observaciones, se evidencia la asignación de datos en el software SimaPro para la incertidumbre.

**Tabla 87. Matriz de pedigree de nivel de calidad de los datos**

Indicador de puntuación	1	2	3	4	5
<b>Fiabilidad</b>	Datos verificados sobre la base de las mediciones	Datos verificados parcialmente basados en supuestos o datos no verificados basados en mediciones	Datos no verificados basados en parte en estimaciones limitadas	Estimación no cualificada (por ejemplo, por experto de la industria)	Estimaciones no cualificadas y datos con origen desconocido
<b>Integridad</b>	Datos representativos de todos los sitios relevantes para el mercado considerado, durante un período suficiente para contrarrestar las fluctuaciones normales	Datos representativos de más del 50% de los sitios relevantes para el mercado considerado, durante un período suficiente para contrarrestar las fluctuaciones normales	Datos representativos de sólo algunos sitios (<<50%) relevantes para el mercado considerado o > 50% de sitios, pero de menor período	Datos representativos de un solo sitio relevantes para el mercado considerado, o en algunos sitios, pero a partir de períodos más cortos	Representatividad de datos desconocidos de un pequeño número de sitios y de periodos más cortos
<b>Correlación temporal</b>	Menos de 3 años de diferencia en el período de tiempo del conjunto de datos	Menos de 6 años de diferencia en el período de tiempo del conjunto de datos	Menos de 10 años de diferencia en el período de tiempo del conjunto de datos	Menos de 15 años de diferencia en el período de tiempo del conjunto de datos	Antigüedad de los datos desconocidos o más de 15 años de diferencia en el período de tiempo del conjunto de datos

Indicador de puntuación	1	2	3	4	5
<b>Correlación geográfica</b>	Datos del área de estudio	Datos promedio en una gran área en la que se incluye el área de estudio	Los datos de la zona con condiciones de producción similares	Los datos de la zona con pocas condiciones de producción similares	Los datos de una zona desconocida o claramente diferente (América del Norte en lugar de Oriente Medio, la OCDE y de Europa en lugar de Rusia)
<b>Correlación de nuevos avances tecnológicos</b>	Datos de empresas, procesos y materiales del estudio	Datos de procesos y materiales del estudio (es decir, idéntica tecnología), pero de empresas diferentes	Datos de procesos y materiales del estudio, pero de tecnología diferente	Datos de procesos y materiales relacionados	Datos sobre procesos relacionados a escala de laboratorio o de una tecnología diferente

La incertidumbre en los datos puede ser expresada como una desviación estándar. El método estadístico de Monte Carlo se utiliza para evaluar la incertidumbre de los resultados de un ACV, estableciendo un rango para los valores del impacto potencial calculado. En la Figura 31 se presenta de manera gráfica el resultado del análisis de incertidumbre para la producción de 1 m<sup>3</sup> de bioetanol de la caña de azúcar en el Ingenio del caso de estudio, para el año 2015. Debido a que el coeficiente de variación es muy alto, es importante manejar con precaución los resultados para las siguientes categorías de impacto: Eutrofización agua dulce, Toxicidad humana, Radiación ionizante y Transformación suelo natural.



**Figura 31. Análisis de incertidumbre**

Fuente: Software SimaPro, 2016.

**Tabla 88. Análisis de incertidumbre**

Categoría de impacto	Unidad	Promedio	Mediana	SD	CV
Ocupación suelo agrícola	m <sup>2</sup> a	0,0942	0,0890	0,0246	26,1411
Cambio climático	kg CO <sub>2</sub> eq	133,1010	133,4026	18,5605	13,9446
Agotamiento combustibles fósiles	kg oil eq	76,8732	76,8340	1,9045	2,4774
Ecotoxicidad agua fresca	kg 1,4-DB eq	0,4004	0,3681	0,1509	37,6829
Eutrofización agua dulce	kg P eq	0,0215	0,0179	0,0134	62,2541
Toxicidad humana	kg 1,4-DB eq	19,7313	15,9118	14,1952	71,9426
Radiación ionizante	kBq U235 eq	15,2100	10,4116	16,6259	109,3089
Ecotoxicidad marina	kg 1,4-DB eq	0,4126	0,3814	0,1406	34,0665
Eutrofización marina	kg N eq	0,0946	0,0938	0,0125	13,2419
Agotamiento metales	kg Fe eq	0,1674	0,1667	0,0108	6,4247
Transformación suelo natural	m <sup>2</sup>	0,0004	0,0004	0,0004	85,6789
Agotamiento capa de ozono	kg CFC-11 eq	0,0000	0,0000	0,0000	27,3549
Formación de material particulado	kg PM10 eq	0,6838	0,6804	0,0995	14,5541
Formación de oxidantes fotoquímicos	kg NMVOC	2,6139	2,5827	0,5683	21,7420
Acidificación terrestre	kg SO <sub>2</sub> eq	1,8178	1,7687	0,3715	20,4343
Ecotoxicidad terrestre	kg 1,4-DB eq	0,0119	0,0118	0,0013	10,5574
Ocupación suelo urbano	m <sup>2</sup> a	0,4741	0,4702	0,0516	10,8867
Agotamiento agua	m <sup>3</sup>	3,7532	3,7397	0,2836	7,5567

Fuente: Software SimaPro, 2016.

### 5.3 SÍNTESIS DEL CAPÍTULO

En este capítulo, se desarrolló la segunda fase de la estructura metodológica principal presentada en el Capítulo 3. En la primera parte se explica de forma completa el sistema bajo y en la segunda parte se evidencia el objeto y alcance que marca la pauta a seguir en el Análisis del Impacto de Ciclo de Vida. En esta fase se define la unidad funcional, referencia principal del análisis, que se utiliza para relacionar los flujos de material y energía de la fase de Análisis de Inventario y de los impactos de la fase de Evaluación Impacto del Ciclo de Vida para los diferentes sistemas del producto. Se han definido también los límites del sistema y las principales suposiciones y criterios de asignación. Además, el Análisis del Impacto de Ciclo de Vida proporciona información de los impactos ambientales a partir de los resultados del Inventario de Ciclo de Vida. En este caso se eligió la metodología ReCipe para el cálculo de los impactos de puntos intermedios Midpoint.

Al analizar los mayores contribuyentes para las categorías de impacto que se evaluaron en el estudio usando el software SimaPro, se concluye que para cambio climático (138,11 kg CO<sub>2</sub> eq), agotamiento agua (3,75m<sup>3</sup>), agotamiento combustibles fósiles (76,78 kg oil eq) y agotamiento capa de ozono (0,00 kg CFC-11 eq) es el *proceso de campo*; para las de acidificación terrestre (2,08 kg SO<sub>2</sub> eq), eutrofización marina (0,11 kg N eq), formación de oxidantes fotoquímicos (3,55 kg NMVOC), formación de material particulado (0,79 kg PM10 eq), ecotoxicidad terrestre (0,01 kg 1,4-DB eq) es el *proceso de cosecha*; para las de eutrofización agua dulce (0,02 kg P eq), ecotoxicidad agua fresca (0,39 kg 1,4-DB eq), ecotoxicidad marina (0,41 kg 1,4-DB eq), ocupación suelo agrícola (0,09 m<sup>2</sup>a), ocupación suelo urbano (0,47 m<sup>2</sup>a), agotamiento metales (0,17 kg Fe



eq) y la transformación suelo de natural ( $0,00 \text{ m}^2$ ), es el *proceso de fábrica*; y finalmente, toxicidad humana ( $\text{kg 1,4-DB eq}$ ) y Radiación ionizante ( $\text{kBq U235 eq}$ ), es el *proceso de destilería*. Para el caso de la planta de cogeneración, la misma genera un impacto ambiental positivo. Una vez reconocidas las cargas ambientales que genera la producción de etanol, es indispensable establecer una toma de decisiones que propenda por la disminución de estos mediante planes de manejo ambiental.

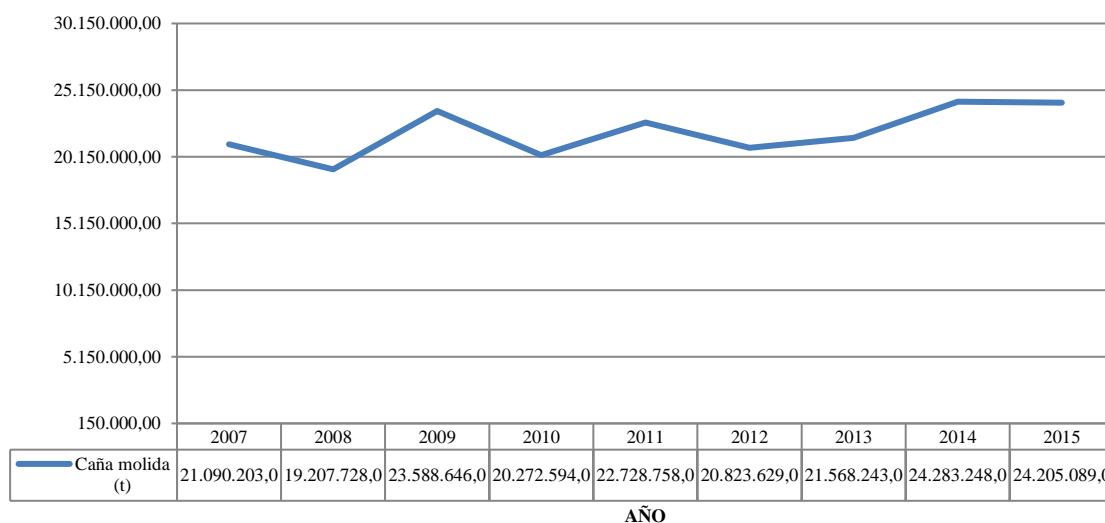
La causa principal de los impactos de la fase agrícola se presenta por el uso de herbicidas, fertilizantes y madurantes. El consumo de combustibles fósiles relacionado con el transporte, y el uso de productos químicos (cal o hidróxido de calcio, ácido fosfórico, azufre, ácido sulfúrico, hidróxido de sodio) en los procesos de fábrica y destilería, son actividades impactantes en este estudio. El estudio permite concluir que el etanol puede ser considerado un combustible renovable, más no limpio.

El análisis de incertidumbre de Monte Carlo tiene en cuenta la información y las características estadísticas de los datos recopilados. Como es común no tener una serie o un universo razonable de mediciones de la información que componen un ICV, se aplica la Matriz de Pedigrí, también con el objetivo de contemplar y analizar la incertidumbre del estudio. Los gráficos, por tanto, por la incertidumbre de datos, se vuelven viables gracias a la matriz antes mencionada, que pondera características como la correlación geográfica, tecnológica y temporal. Los resultados del análisis se interpretan con la ayuda de barras horizontales que indican la variación que se podría obtener, dadas las incertidumbres de los datos.

## 6 ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD DEL INGENIO DEL ESTUDIO DE CASO, AL AÑO 2015

La producción de bioetanol en Colombia, es una actividad que surge como una opción de generación de valor agregado incremental en una cadena agroindustrial previamente establecida: la cadena del azúcar de caña, con una tradición desde la época colonial. En este sentido, el tratamiento metodológico de los impactos socioeconómicos de esta cadena en el área de estudio, donde ya se estableció el Ingenio, no puede orientarse a comparar el impacto de la introducción de un nuevo proyecto o actividad en un territorio virgen, o con/sin o antes/después del establecimiento del Ingenio, sino que debe partir del análisis y comparación de las cadenas agroindustriales involucradas frente a los estándares sociales y laborales de actividades similares en el orden nacional.

El Cuaderno 31 de Fedesarrollo (Arbeláez, M. A. Estacio, A. Olivera, M., 2010) plantea que habitualmente, dadas las diversas posibilidades de manufactura que tienen los ingenios azucareros, el estimador de la actividad económica del sector son las toneladas de caña molida, independientemente de los bienes finales o intermedios que se generen; en la Figura 32 se describe la actividad productiva de los ingenios que conforman el sector azucarero colombiano, entre los años 2008 al 2015.



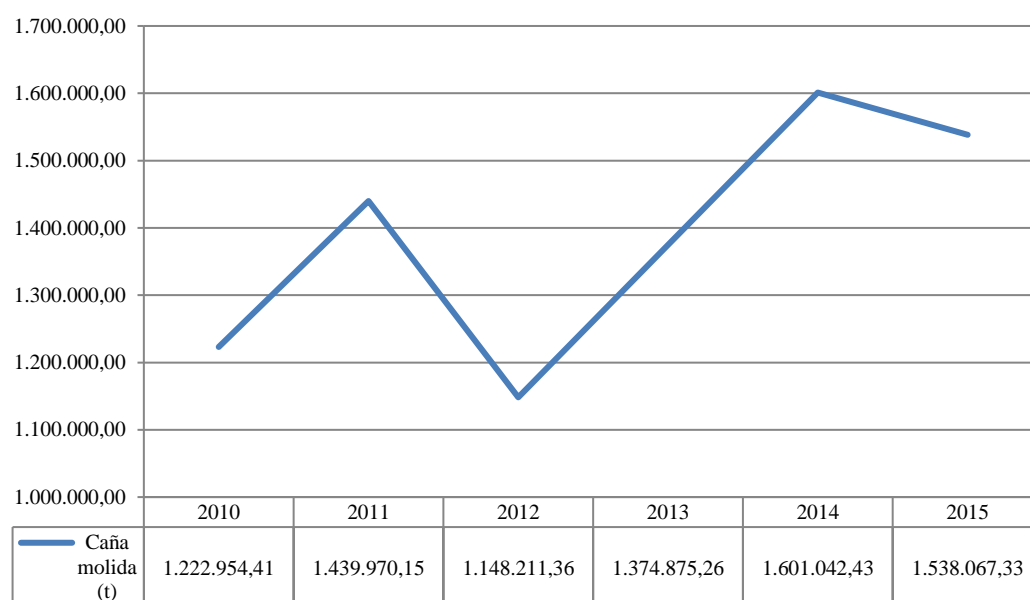
**Figura 32. Caña de azúcar molida en el sector azucarero colombiano**

**Fuente:** Asociación de cultivadores de caña de azúcar colombiana (ASOCAÑA). (2015). Informe anual 2015-2016. Cali, Colombia.

En el gráfico se aprecia que en el año 2008 la caña molida fue de 19.207.728,00 toneladas, una reducción de 8,9% frente a lo molido en 2007 que fue de 21.090.203,00 toneladas, esto como consecuencia de la demora de dos meses en la cosecha durante el bloqueo a los ingenios (ASOCAÑA, 2009). La caña molida en 2009, llegó a 23.588.646,00 toneladas (un aumento de 23% frente a 2008), debido a la mayor proporción de área cosechada (ASOCAÑA, 2010). Como consecuencia de una reducción de 10,5% frente al registro de 2009 en el área cosechada (a pesar de un aumento de 4,8% en el área sembrada), la caña molida en los ingenios azucareros durante 2010 se redujo 14,1% frente a 2009 y fue de 20.272.594,00 toneladas (ASOCAÑA, 2011).

Durante los años 2010, 2011 y parte de 2012 se registró en el valle geográfico del río Cauca una precipitación por encima del promedio de los 4 años anteriores, que impidió en algunos casos y dificultó en otros, las labores de cosecha durante algunos períodos y que, dado el ciclo productivo de la caña de azúcar, tuvieron efectos nocivos en la producción y rendimientos hasta los primeros meses de 2013 (ASOCAÑA, 2015). Las buenas condiciones climáticas registradas en 2014 influyeron en el incremento de la caña molida, pues permitieron adelantar sin contratiempos las labores de cosecha, a la vez que incrementó los rendimientos en el cultivo de caña. En el año 2015 la cantidad de caña de azúcar molida fue de 24.205.089,00 toneladas.

La Figura 33 presenta la actividad productiva del Ingenio Risaralda S.A., entre los años 2010 al 2015 en toneladas de caña molida.



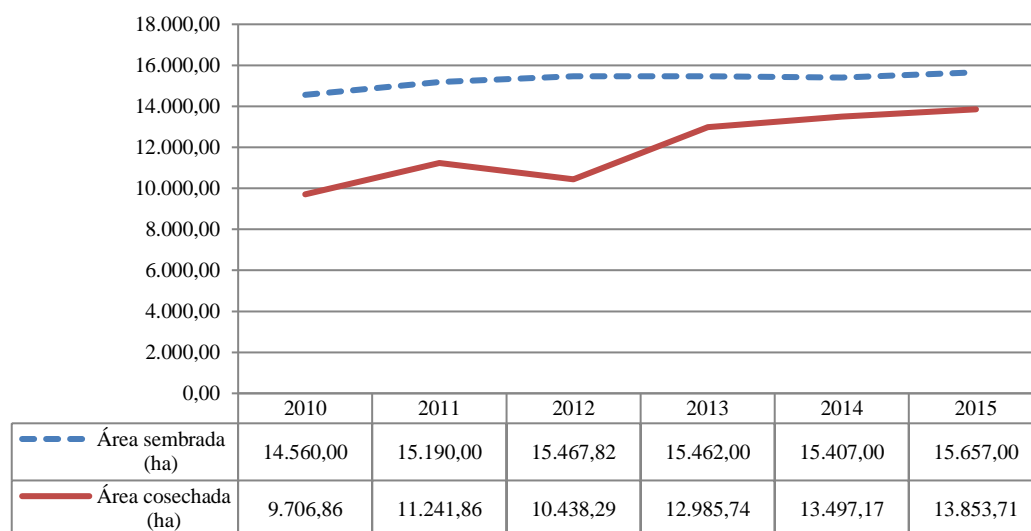
**Figura 33. Caña de azúcar molida en el Ingenio Risaralda S.A.**

Fuente: El autor, 2017

El Ingenio Risaralda S.A., no fue ajeno al comportamiento del sector azucarero respecto a la presencia de precipitaciones por encima del promedio durante los años 2010, 2011 y 2012, que impidió y/o dificultó las labores de cosecha durante algunos períodos y que, dado el ciclo productivo de la caña de azúcar, tuvo efectos nocivos en la producción y rendimiento, hasta los primeros meses del año 2013 (ASOCAÑA, 2015). Sin embargo, las buenas condiciones climáticas registradas en el año 2014 en la Región, influyeron en el incremento de la caña molida, pues permitieron adelantar sin contratiempos las labores de cosecha y a la vez, se incrementó el rendimiento en el cultivo de caña. En el año 2015 la cantidad de caña de azúcar molida fue de 1.538.067,33 toneladas.

El sector azucarero colombiano, y por tanto el ingenio estudiado, han dedicado esfuerzos de innovación y tecnología utilizando un enfoque de agricultura específica por sitio (AEPS), que para CENICAÑA (s.f.) se define como “el arte de realizar las prácticas agronómicas requeridas por una especie vegetal, de acuerdo con las condiciones espaciales y temporales del sitio donde se cultiva, para obtener de ella su rendimiento potencial”. Según Isaacs et al. (2007), este enfoque

integra el conocimiento, las necesidades de los usuarios, la caracterización espacial y temporal de las condiciones del campo, la tecnología específica para tales condiciones, la caracterización de los cañicultores y la transferencia de tecnología diferenciada por zonas agroecológicas y tipos de productores. Todo lo anterior acompañado con el seguimiento a la adopción de las tecnologías, sus resultados en el campo y la interacción permanente con los cañicultores para ajustar las tecnologías obtenidas o identificar nuevas necesidades de investigación. La Figura 34 presenta el área sembrada y el área cosechada en hectáreas (ha) del ingenio del estudio de caso entre los años 2010 al 2015, y permite evidenciar un aumento sostenido en el tiempo, con la situación particular del año 2012 en área cosechada, que se explicó anteriormente por las precipitaciones de la región.

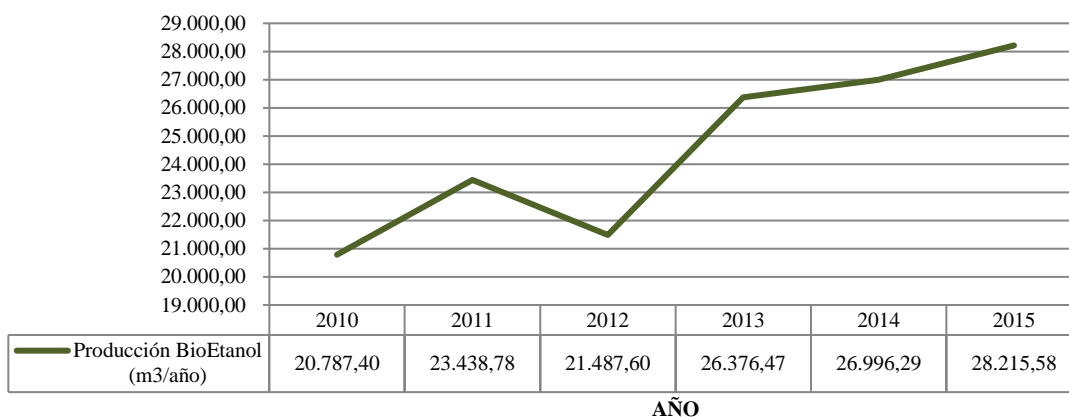


**Figura 34. Área sembrada y área cosechada en el Ingenio Risaralda S.A.**

Fuente: El autor, 2017

Durante el año 2015, según el Informe de Gestión de ese año, hubo condiciones muy secas como efecto del Fenómeno del Niño. La precipitación anual promedio, en el área de influencia del Ingenio, alcanzó el valor más bajo desde el año 1978 con 1.083 mm; igualmente, la precipitación del ciclo de cultivo de las cañas cosechadas, con 1.341,46 mm, es el valor más bajo desde el año 2000.

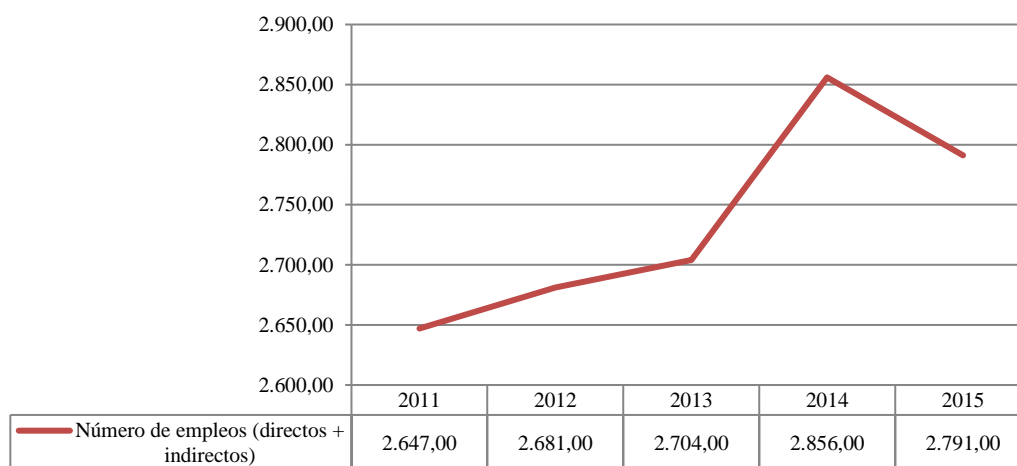
Respecto a la variable de producción de bioetanol, como se evidencia en el Informe de Sostenibilidad del año 2015, en la Organización se realiza el proceso productivo completo de alcohol carburante de caña de azúcar, un combustible renovable que se caracteriza por ser utilizado como oxigenante de las gasolinas, aportando a la disminución del impacto de los gases de efecto invernadero y a la diversificación de la canasta energética. Es obtenido a través de la fermentación de mieles de caña de azúcar y posterior purificación en columnas de destilación y sistemas de deshidratación. Los datos de producción de bioetanol en m<sup>3</sup>/año para el ingenio del estudio de caso entre los años 2010 y 2015 se presentan en la Figura 35:



**Figura 35. Producción de bioetanol en el Ingenio Risaralda S.A.**

Fuente: El autor, 2017

Finalmente, la Figura 36 presenta el total de empleados vinculados con el Ingenio entre los años 2011 a 2015, y permite analizar que durante los años 2011, 2012, 2013 y 2014 la tendencia es creciente. Al cierre del año 2015, se generaron 2.791 empleos de los cuales 488 son de la nómina propia de la empresa y 2.303 de las Unidades Externas de Apoyo, la reducción que se evidencia, es por la iniciativa de la Organización de aumentar el número de empleos directos, que para el año 2013 fue de 477.



**Figura 36. Número de empleos en el Ingenio Risaralda S.A.**

Fuente: El autor, 2017

## 6.1 MATRIZ DE INCLUSIÓN DE LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS) CON LAS ACTIVIDADES DE RESPONSABILIDAD SOCIAL EMPRESARIAL (RSE) IMPLEMENTADAS POR EL INGENIO DEL ESTUDIO DE CASO PARA EL AÑO 2015

Por la pasantía realizada y por la información que se pudo verificar en los informes de sostenibilidad, el Ingenio trabaja en acciones que ha reportado desde el año 2012 bajo la Metodología GRI 4 del Global Reporting Initiative; esas estrategias se analizaron en la pertenencia a aspecto ambiental, social y/o económico y se relacionó con los ODS, así:

**Tabla 89. Matriz de inclusión de los ODS con la RSE implementada por el ingenio del estudio de caso en el año 2015**

ANÁLISIS DE LA RESPONSABILIDAD SOCIAL EMPRESARIAL					OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)		
LÍNEA DE ACCIÓN	ESTRATEGIAS	ASPECTO			RELACIÓN CON ODS	Nº ODS	ODS relacionado
		AMBIENTAL	SOCIAL	ECONOMICO			
Educación	Programa Escuelas Dulces: Se apoya la permanencia escolar con alimentación, dotaciones y mejoramiento de infraestructura escolar en zonas aledañas a los cultivos de caña.		X	X	SI	4	4.Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos.
Educación	Programa Centro Musical Batuta: Está enfocado en la formación musical mediante ensambles de pre orquestas y se desarrolla en el municipio de La Virginia desde el segundo semestre del 2011. Se apoya en alianza con la caja de compensación Comfamiliar Risaralda y los empresarios Lazos.		X	X	SI	4	4.Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos.
Educación	Programa Formación para Adultos: En alianza con Comfamiliar Risaralda se brinda a los colaboradores, familiares y personas de la zona de influencia la posibilidad de culminar sus etapas de formación académica en primaria y secundaria.		X	X	SI	4	4.Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos.

ANÁLISIS DE LA RESPONSABILIDAD SOCIAL EMPRESARIAL					OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)		
LÍNEA DE ACCIÓN	ESTRATEGIAS	ASPECTO			RELACIÓN CON ODS	Nº ODS	ODS relacionado
		AMBIENTAL	SOCIAL	ECONOMICO			
Educación	Programa Ser Más Maestro: Permite desarrollar competencias del SER y del HACER, para un mayor bienestar psicológico, el desarrollo de la inteligencia emocional y la dignificación de la labor docente. En alianza con la Fundación Empresarios por la Educación y Frisby se continuó apoyando al programa Ser Más Maestro, beneficiando a cientos de niños en la región.		X	X	SI	4	4.Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos.
Educación	Programa Becas Talento Universidad Tecnológica de Pereira: Se reconoce la excelencia académica de los estudiantes a través del programa Becas Talento y se asegura su permanencia y egreso exitoso.		X	X	SI	4	4.Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos.
Deportes	La Escuela de Fútbol FUNDEAGRO - Atlético Nacional, es un proyecto que inició labores en enero del año 2013 y ha venido trabajado en la formación deportiva de los niños y niñas de la región.		X		SI	3	3.Garantizar una vida saludable y promover el bienestar para todos y todas en todas las edades.
Capacitación	Programa de Capacitación y Desarrollo Para Corteros de Caña: Se inició con 20 corteros de caña pertenecientes a Sintraidubar y Agrocorte quienes recibieron capacitaciones en dos áreas de construcción que son: Instalación de enchapes cerámicos e Instalación de baldosa, cemento y grano. Este programa permitió realizar prácticas en el 80% de la capacitación, por esto, se decidió en conjunto con los corteros, realizar una labor social en la					1	1, Poner fin a la pobreza en todas sus formas en todo el mundo
			X	X	SI	4	4.Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos.

ANÁLISIS DE LA RESPONSABILIDAD SOCIAL EMPRESARIAL					OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)		
LÍNEA DE ACCIÓN	ESTRATEGIAS	ASPECTO			RELACIÓN CON ODS	N° ODS	ODS relacionado
		AMBIENTAL	SOCIAL	ECONOMICO			
	escuela ubicada en la vereda de Juan Díaz mientras ellos aprendían la técnica. Se realizó con el apoyo del SENA, la empresa de seguros Rodrigo Gómez y la empresa de transporte Especiales del café.						
Capacitación	Programa Básico de Mantenimiento y Operación del Tractor: 25 personas pertenecientes a los municipios de La Virginia, Balboa y Toro realizaron la práctica de este curso haciendo uso de los tractores ubicados en las instalaciones del Ingenio.		X	X	SI	1	1, Poner fin a la pobreza en todas sus formas en todo el mundo
						4	4.Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos.
Capacitación	Tecnología del SENA en Riegos y Adecuación de Suelos: en el Predio Delirios, los estudiantes del municipio de La Virginia que realizan esta tecnología, recibieron una capacitación por parte del Contratista Mecánico de los equipos de riego y de la Líder de Recursos Hídrico de la Empresa, sobre el mantenimiento mecánico a motobombas, centrifugas y aforos en riego por gravedad.		X	X	SI	1	1, Poner fin a la pobreza en todas sus formas en todo el mundo
						4	4.Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos.
Servicios a la comunidad	Como actividades complementarias al plan de Desarrollo Social, se sirve a la comunidad con aportes económicos, donaciones y préstamos de maquinaria agrícola.		X	X	SI	3	3.Garantizar una vida saludable y promover el bienestar para todos y todas en todas las edades.
						5	5. Lograr la igualdad entre los géneros y el empoderamiento de todas las mujeres y niñas



ANÁLISIS DE LA RESPONSABILIDAD SOCIAL EMPRESARIAL					OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)		
LÍNEA DE ACCIÓN	ESTRATEGIAS	ASPECTO			RELACIÓN CON ODS	N° ODS	ODS relacionado
		AMBIENTAL	SOCIAL	ECONOMICO			
						8	8. Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos
Gestión ambiental	Energía: Para el año 2015 se comercializó un excedente de energía; así mismo se tuvo un incremento en el consumo energético por tonelada de caña molida con respecto al año 2014. Permiso de Concesión y Vertimientos: Con la caracterización representativa de las aguas residuales de fábrica, se presentó a la Corporación Autónoma Regional de Risaralda – CARDER, la autodeclaración de vertimientos líquidos, cuyos resultados sirvieron como base del cobro de tasa retributiva para el periodo comprendido entre enero 1 – diciembre 31 del año 2015.	X	X		SI	7	7. Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos
Gestión ambiental	Adicionalmente, en los meses de marzo y septiembre se entregaron los reportes de control de los sistemas de tratamiento de aguas implementados en la empresa y se presentaron de forma trimestral los consumos diarios de agua de la fábrica. Con lo anterior, se dio cumplimiento a lo exigido en la Resolución 2573 de 30 de agosto de 2013 por la cual se aprueba el permiso de vertimientos y concesión de aguas a Ingenio Risaralda S.A.	X		X	SI	6.	6. Garantizar la disponibilidad de agua y su ordenación sostenible y el saneamiento para todos

ANÁLISIS DE LA RESPONSABILIDAD SOCIAL EMPRESARIAL					OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)		
LÍNEA DE ACCIÓN	ESTRATEGIAS	ASPECTO			RELACIÓN CON ODS	Nº ODS	ODS relacionado
		AMBIENTAL	SOCIAL	ECONOMICO			
Gestión ambiental	Plan de Reconversión a Tecnología Limpia: Para cumplir con el compromiso adquirido con el Plan de Reconversión a Tecnología Limpia, se presentó en el mes de marzo de 2015 a la Corporación Autónoma Regional de Risaralda – CARDER, la información requerida en la Resolución 1693 de 2007. Adicionalmente, consecuentes con los requerimientos de la Resolución 2153 de 2010 “Protocolo para el control y vigilancia de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas”, a lo largo del año 2015 se realizaron las evaluaciones de emisiones de las calderas 3 y 5.	X	X	X	SI	9	9. Construir infraestructura resiliente, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación
Gestión ambiental	Calidad de aire: Durante el año 2015, a través de la Red de Calidad de Aire de Cenicaña, se realizó el monitoreo de calidad de aire de material particulado respirable menor a 10 micras (PM-10).	X			SI	12	12. Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles
Gestión ambiental	Programa de uso Eficiente y Ahorro del Agua: En el Ingenio Risaralda S.A., se continua con las acciones tendientes al Uso y Ahorro Eficiente de Agua teniendo en cuenta la implementación de tecnologías y la implementación de mejores prácticas ambientales que permitan mantener los niveles de producción de la Organización, con un consumo mínimo del recurso hídrico.	X		X	SI	6	6. Garantizar la disponibilidad de agua y su ordenación sostenible y el saneamiento para todos

ANÁLISIS DE LA RESPONSABILIDAD SOCIAL EMPRESARIAL					OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)		
LÍNEA DE ACCIÓN	ESTRATEGIAS	ASPECTO			RELACIÓN CON ODS	N° ODS	ODS relacionado
		AMBIENTAL	SOCIAL	ECONOMICO			
Gestión ambiental	Manejo Interno de Residuos Sólidos: Para dar cumplimiento a las regulaciones externas y normas internas, en el Ingenio Risaralda S.A. se estableció un Plan de Manejo de Residuos Sólidos, con el cual se asegura una adecuada gestión de los residuos sólidos generados en el proceso productivo.	X	X		SI	12	12. Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles
Gestión ambiental	Convenio CN 2013-1727 “Construyendo un Corredor de Conservación en la Microcuenca La Esmeralda”: El Ingenio Risaralda S.A. a través de Asocaña y el Fondo de Agua por la Vida y la Sostenibilidad, se encuentra vinculado al proyecto “Risaralda Más Productiva y Sostenible”.	X	X		SI	6	6. Garantizar la disponibilidad de agua y su ordenación sostenible y el saneamiento para todos
						11	11. Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles
						12	12. Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles
Gestión ambiental	Reforestación: Se continúa con la reforestación en predios de áreas de influencia.	X			SI	13	13. Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos
						15	15. Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, efectuar una ordenación sostenible de los bosques, luchar contra la desertificación, detener y revertir la degradación de las tierras y poner freno a la pérdida de la diversidad biológica

ANÁLISIS DE LA RESPONSABILIDAD SOCIAL EMPRESARIAL					OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)		
LÍNEA DE ACCIÓN	ESTRATEGIAS	ASPECTO			RELACIÓN CON ODS	N° ODS	ODS relacionado
		AMBIENTAL	SOCIAL	ECONOMICO			
Gestión ambiental	Principio de Precaución: Dentro del Sistema de Gestión Integral del Riesgo, en el desarrollo de la metodología de identificación, valoración y tratamiento de riesgos, siempre se incluyen los riesgos ambientales que puedan generar las operaciones y actividades de la empresa. Es así como resultado de la implementación de dicha metodología, se generan diferentes planes de acción con el fin de prevenir o mitigar los efectos negativos que se puedan causar, impactando ya sea la probabilidad de ocurrencia o su consecuencia en caso que estos riesgos lleguen a materializarse.	X	X	X	SI	12	12. Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles
Sensibilización ambiental	Puntos ecológicos: Se realizaron seguimientos y sensibilización por áreas del manejo y clasificación de residuos y el buen uso de los puntos ecológicos ubicados a lo largo de la empresa.	X			SI	12	12. Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles
	Tapas de Vida: Esta campaña consiste en recolectar tapas plásticas de cualquier tamaño y donarlas a la Fundación Sanar, quienes se encargan de vender este material para auspiciar el tratamiento de niños con cáncer. Al ayudar a los niños, que es el objetivo principal de apoyar esta campaña, también se está ayudando a la conservación del ambiente, debido a que se está reciclando plástico, el cual deja de disponerse en el relleno					3	3. Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos entodas las edades
Sensibilización ambiental		X	X		SI	12	12. Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles

ANÁLISIS DE LA RESPONSABILIDAD SOCIAL EMPRESARIAL					OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)		
LÍNEA DE ACCIÓN	ESTRATEGIAS	ASPECTO			RELACIÓN CON ODS	N° ODS	ODS relacionado
		AMBIENTAL	SOCIAL	ECONOMICO			
	sanitario y permite aumentar su vida útil para las próximas generaciones.						
Sensibilización ambiental	Pilas con el Ambiente: Este programa permite la reutilización de buena parte de los componentes de las pilas como lo son el zinc, manganeso, el cadmio, el cromo, el níquel, el plomo, el mercurio y el litio, ayudando de esta forma a prevenir la contaminación que se genera por su mala disposición. Remediar: El personal del Ingenio Risaralda S.A., participa activamente en el Plan de Gestión de Devolución de Productos Posconsumo de Fármacos o Medicamentos Vencidos “REMEDIAR”, el cual tiene como objetivo el manejo integral de los residuos de los medicamentos incluyendo envases y empaques. El Programa REMEDIAR tiene como fin recolectar y dar un adecuado manejo a los medicamentos humanos y/o veterinarios, que pueden encontrarse vencidos o parcialmente consumidos.	X			SI	12	12. Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles
Sensibilización ambiental	Lúmina: Es la campaña posconsumo, diseñada para facilitar el cumplimiento del compromiso ambiental de los productores y comercializadores de bombillas en Colombia.	X	X		SI	3	3. Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos entodas las edades
Sensibilización ambiental						12	12. Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles
Sensibilización ambiental		X			SI	12	12. Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles

ANÁLISIS DE LA RESPONSABILIDAD SOCIAL EMPRESARIAL					OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)		
LÍNEA DE ACCIÓN	ESTRATEGIAS	ASPECTO			RELACIÓN CON ODS	N° ODS	ODS relacionado
		AMBIENTAL	SOCIAL	ECONOMICO			
Sensibilización ambiental	Campo Limpio: Es un programa sin ánimo de lucro de la Cámara Procultivos de la ANDI, cuyo objetivo es realizar la recolección y eliminación de los envases vacíos que contuvieron plaguicidas, con el fin de disminuir el riesgo de contaminación del agua y del suelo, reduciendo al mismo tiempo los riesgos de una posible intoxicación para la población rural.	X			SI	12	12. Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles
Sensibilización ambiental	Llantas Usadas: La Organización se sumó al Programa de Posconsumo de Llantas Usadas Rueda Verde, el cual cuenta con el acompañamiento de la Asociación Nacional de Empresarios, ANDI.	X			SI	12	12. Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles

Fuente: El autor, 2020

## 6.2 SÍNTESIS DEL CAPÍTULO

En este capítulo se desarrolló la tercera fase de la estructura metodológica principal presentada en el Capítulo 3. En la primera parte se analizó la información en relación con la sostenibilidad del ingenio del estudio de caso para el año 2015; en la segunda parte se estableció la matriz de inclusión de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) con las actividades de responsabilidad social empresarial (RSE) implementadas en el mismo año.

La realización del análisis permitió obtener conclusiones acerca de los aportes positivos que la RSE tiene para el ingenio estudiado (que se puede extrapolar al sector de la caña de azúcar) y los aspectos susceptibles de mejora, así:

El sector de la caña de azúcar ha realizado acciones socialmente responsables. Se trata de una actividad económica que se desenvuelve dentro del marco de la ley, y que ha generado acciones en los campos laboral, social y ambiental; sin embargo, es importante que valore el impacto que las acciones implementadas tienen (o pueden tener) sobre sus grupos de interés.

Las prácticas de RSE de los ingenios, se concentran en pro de su área de influencia, creando programas en beneficio del bienestar de la comunidad y sus colaboradores. Para el caso estudiado, cuentan con la participación de FUNDEAGRO la cual tiene como misión el mejoramiento de la calidad de vida de la comunidad de la Virginia mediante diferentes programas. Se destaca el alto grado de consolidación y formalización que existe en la articulación de los dos principales eslabones de la industria azucarera colombiana (agricultores e ingenios), lo que le ha dado estabilidad al sector para mantener un ritmo de crecimiento sostenido durante muchos años.

En términos generales, hasta ahora no existe un conflicto entre el desarrollo de los biocombustibles y la seguridad alimentaria. El análisis del comportamiento de la disponibilidad y el consumo per cápita de azúcar confirma que los efectos de la producción de biocombustibles sobre el consumo de alimentos han sido imperceptibles y que se ha protegido el abastecimiento interno del consumo humano directo a costa de reducir las exportaciones, pero sin que conlleve un impacto notorio sobre los mercados internacionales.

Para tener un marco estratégico eficaz, sería deseable:

Abordar el desarrollo de los biocombustibles de forma coordinada y con carácter interinstitucional al interior de los diferentes estamentos del Gobierno. Este debería estar articulado con el sector privado y con las entidades responsables del desarrollo de la Ciencia y la Tecnología en el país, tanto públicas como privadas.

Desarrollar un plan general de zonificación para la elaboración y gestión eficiente de las políticas de promoción y producción sustentable de biocombustibles, precisando y resguardando zonas sensibles, social y ambientalmente, para la producción de alimentos

Fomentar sistemas integrados de producción de alimentos-energía para contribuir al desarrollo de los biocombustibles en forma armonizada con la seguridad alimentaria.

## 7 CONCLUSIONES

Desde el año 2002 a la fecha, se concluye que en Colombia el sector de la caña de azúcar entró en una etapa de especialización, en la que se iniciaron proyectos que producen bioetanol (producto cuya demanda está creciendo aceleradamente en todo el mundo) como consecuencia de la implementación de la Ley 693 de 2001 que estimuló el uso y la producción del alcohol carburante y estableció que la gasolina en Bogotá, Cali, Medellín y Barranquilla debería contener un 10% del mismo.

Los biocombustibles son un medio por el cual se puede llevar a cabo la transición energética de una economía sustentada en los combustibles fósiles, a una economía basada en fuentes renovables de energía. En el cultivo de caña de azúcar, las plantas toman el agua y el CO<sub>2</sub> de la atmósfera y con la luz solar los convierten en carbohidratos (azúcares, almidones y celulosas) mediante el proceso conocido como fotosíntesis. La caña de azúcar tiene la propiedad de capturar (fijar) el CO<sub>2</sub> y de liberar a cambio, oxígeno. Luego, en la producción de etanol, por fermentación, las levaduras se encargan de transformar los azúcares en alcohol y CO<sub>2</sub>, con la ventaja de que en este proceso se aprovecha tanto la glucosa como la fructuosa. En el uso del etanol en los automóviles, la combustión del alcohol produce CO<sub>2</sub> y agua, que vuelven a la atmósfera para iniciar de nuevo el proceso.

Las ciencias ambientales son de naturaleza compleja, y abarcan interrelaciones dinámicas y constantes entre elementos, estructuras y procesos de los ecosistemas y las culturas que incluyen visiones divergentes del mundo, tanto de tipo personal como colectivo. Para el caso de la tesis, además de utilizar el Análisis del Ciclo de Vida (ACV) como una herramienta de gestión capaz de valorar la sostenibilidad ambiental de la producción de etanol de la caña de azúcar, se analizó la interacción de los grupos de interés con la organización y así, obtener una visión completa sobre la responsabilidad social empresarial. Para el tema de la sostenibilidad, se utilizó información primaria de los procesos de **campo** (analizando datos de la siembra de la caña hasta antes de la cosecha); **cosecha** (analizando datos de corte, alce, transporte y entrega de la caña en el ingenio); **fábrica** (datos desde la recepción de la caña hasta la descarga del azúcar y la miel B); **destilería** (datos desde la preparación de materia prima hasta el despacho de etanol carburante) y **cogeneración** (datos de combustión del bagazo para la generación de vapor en las calderas) y también información secundaria utilizando el software SimaPro® que viene completamente integrado con la base de datos Ecoinvent. Para el tema de la responsabilidad social empresarial, se utilizó información primaria que fueron las encuestas a los grupos de interés, e información secundaria como los informes de sostenibilidad de la Organización y del Sector.

En los resultados obtenidos de la encuesta a los grupos de interés, se evidencia que para el grupo de encuestados con intereses internos en la Organización (accionistas, colaboradores y proveedores) conformado por 197 personas (72,69% de la muestra), el general está en un rango de edad entre los 18 a los 39 años (118 encuestados), los demás (79 personas) están entre los 40 a los 67 años. Al analizar el tema de género, se identifica que, en este grupo, 121 personas son hombres (ratificando que es un sector que por tradición ha sido liderado por el género masculino) y 76 personas son mujeres. También permite analizar que el general de encuestados de este grupo afirma saber que es responsabilidad social empresarial (193 encuestados) y que hay 183 personas que están entre totalmente de acuerdo y de acuerdo en que la Organización es socialmente



responsable, sin embargo, es importante que se identifique el porqué 14 personas no respondieron o están en desacuerdo con esa afirmación. También se puede concluir que para el grupo de encuestados con intereses externos en la organización (clientes, comunidad, estado y gremios), que son 74 personas (27,31%), el general afirma saber que es responsabilidad social empresarial (72 encuestados); de ellos hay 52 personas que están entre totalmente de acuerdo y de acuerdo en que la Organización es socialmente responsable, sin embargo, es importante que la organización haga un sodeo sobre el porqué 22 personas no respondieron o están en desacuerdo con esa afirmación.

En términos ambientales, el proceso de campo es el principal responsable de 4 de las 18 categorías de impacto, así: Cambio climático, Agotamiento de la capa de ozono, Agotamiento de agua y Agotamiento de combustibles fósiles. El proceso de cosecha es el segundo proceso que contribuye a la mayoría de las categorías de impacto (5 de las 18), así: Acidificación terrestre, Eutrofización marina, Formación de oxidantes fotoquímicos, Formación de material particulado y Ecotoxicidad terrestre. El proceso de fábrica es el principal responsable de la mayoría de categorías de impacto (7 de las 18), así: Eutrofización de agua dulce, Ecotoxicidad de agua fresca, Ecotoxicidad marina, Ocupación de suelo agrícola, Ocupación de suelo urbano, Transformación de suelo natural y Agotamiento de metales. El proceso de destilería contribuye a 2 de las 18 categorías de impacto, así: Toxicidad humana y Radiación ionizante. El proceso de cogeneración genera un impacto ambiental positivo en la categoría de cambio climático, pues utiliza la energía en forma de calor producida por el bagazo para generar vapor y luego mediante el uso de turbogeneradores, la energía eléctrica. El vapor de escape del turbogenerador entonces va al proceso productivo mientras que la electricidad es mayoritariamente utilizada para su consumo propio y una porción se vende a la red nacional.

Para el año 2015, la producción de bioetanol de caña de azúcar en el Ingenio del caso de estudio, implicó un cálculo de emisiones de 138,11 kg CO<sub>2</sub> eq /m<sup>3</sup> de etanol. En comparación con otros estudios similares, se evidencia un comportamiento ambientalmente limpio por el no uso de carbón en sus calderas, y porque en los cálculos, (que fueron avalados por Cenicaña), se asumió que la energía cogenerada vendida era un beneficio ambiental. Las emisiones en la producción del bioetanol de caña para Macedo et al. (2008) fue de 436 kg CO<sub>2</sub> eq /m<sup>3</sup> de etanol para el año 2006 y para CENICAÑA fue de 909 kg CO<sub>2</sub> eq /m<sup>3</sup> de etanol para el año 2010 y de 476 kg CO<sub>2</sub> eq/m<sup>3</sup> de etanol para el año 2015 (con la misma base de datos que se utilizó en esta tesis, pero con otro método de cálculo).

En lo referente a la promoción sostenible de biocombustibles, se deben fortalecer las políticas para lo cual es requisito implementar planes estratégicos de acción que contemplen aspectos como: investigación, desarrollo e innovación en biocombustibles; ordenamiento de la producción teniendo en cuenta las regiones y los tipos de materias primas; promoción de proyectos de inversión (identificación, formulación y preinversión); incremento de la competitividad; y promoción de la participación de pequeños y medianos agricultores.

## 8 RECOMENDACIONES

Al sector de la caña de azúcar se le recomienda que continúe la innovación e investigación en su gestión ambiental, involucrando a programas de alto nivel desde la academia. Además, después de la certificación en huella de carbono que obtuvo en el año 2017, que trabaje en la mejora de sus procesos administrativos y productivos, para tener cada año un mejor comportamiento ambiental.

A los ingenios azucareros se le recomienda que continúe con el análisis de ciclo de vida de sus procesos productivos, con la evaluación de impacto a nivel medio, utilizando el método ReCiPe Midpoint (H) V1.12 / World Recipe H, para analizar no solamente la categoría de impacto de cambio climático, sino las otras 16 que el método permite.

A la Federación Nacional de Biocombustibles de Colombia (Fedebiocombustibles), a la Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar de Colombia (ASOCAÑA), y al Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (CENICANA), se recomienda que se valide la base de datos existente para el análisis de ciclo de vida de la producción de etanol en Colombia y así, contar con una base de datos comparativos en el tiempo, como un ejemplo de caso en los proyectos de valoración integral de biocombustibles.

Al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, se recomienda profundizar en las metodologías existentes para el análisis de ciclo de vida y desarrollar una propia para los procesos productivos existentes en el país.

A las universidades del país, se recomienda contar con capacitación en la aplicación del ciclo de vida para todo tipo de producciones en el país.

Se recomienda continuar con estudios de análisis de ciclo de vida, que no solo analicen la categoría de impacto de cambio climático, sino otras categorías y que se complementen con análisis económico y social. Además, es de vital importancia evaluar los efectos ambientales de la gasolina y el etanol carburante en Colombia, por medio de un estudio de análisis de ciclo de vida que desde el objetivo del estudio, plantee utilizar los resultados en aseveraciones comparativas.

Si bien se han realizado avances significativos en los últimos años, para la aplicación del enfoque de ciclo de vida aplicado a las dimensiones económica y social aún se requieren métodos e indicadores más consistentes y robustos, que se recomienda sea un segundo paso en investigaciones del tema, para el sector de la caña de azúcar.

## 9 REFERENCIAS

- Álvarez, M.** (2009). Biocombustible: Desarrollo histórico-tecnológico, mercados actuales y comercio internacional, *Economía informa*, 359, 63-89.
- Acosta, A. Bendeck, J. Cárdenas, J. Cala, D.** (2004). El gran desafío: a propósito de los alcoholes carburantes. Segunda Edición, Editorial EdiSion Ltda.
- Aguilar, J. S.** (2008). Aproximación y cuestionamientos al concepto responsabilidad social empresarial. *Revista Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y Reflexión*, 16(1), 179-195.
- Andrade, L.A.** (2009). Análisis del Ciclo de Vida del Bioetanol obtenido a partir de la caña de Azúcar. (Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Sanitario). Universidad del Valle, Santiago de Cali.
- Arango Sanclemente, S. Yoshioka Vargas, A. M. Gutiérrez Rincón, V. A.** (2011). Análisis del ambiente competitivo del Cluster Bioindustrial del Azúcar en el valle geográfico del río Cauca: Desarrollo de retos. Cali: Sello Editorial Javeriano.
- Arbeláez, M. A. Estacio, A. Olivera, M.** (2010). Impacto socioeconómico del sector azucarero colombiano en la economía nacional y regional. En: Cuadernos de Fedesarrollo, número treinta y uno. Recuperado en agosto de 2017 de la web: <http://www.repository.fedesarrollo.org.co/handle/11445/168>
- Asociación de cultivadores de caña de azúcar colombiana (ASOCAÑA).** (2009). Informe anual 2008-2009. Cali, Colombia.
- Asociación de cultivadores de caña de azúcar colombiana (ASOCAÑA).** (2010). Informe anual 2009-2010. Cali, Colombia.
- Asociación de cultivadores de caña de azúcar colombiana (ASOCAÑA).** (2011<sub>1</sub>). Informe anual 2010-2011. Cali, Colombia.
- Asociación de cultivadores de caña de azúcar colombiana (ASOCAÑA).** (2011<sub>2</sub>). La transformación de la industria azucarera en Colombia a partir de nuevas tecnologías: Desafíos y oportunidades. (online) URL: <https://www.dnp.gov.co/LinkClick.aspx?fileticket=fbFhdTF-hOs%3D&tabid=1433>
- Asociación de cultivadores de caña de azúcar colombiana (ASOCAÑA).** (s.f<sub>1</sub>). Recuperado en diciembre de 2015 de la web: <http://www.asocana.org/publico/info.aspx?Cid=215>
- Asociación de cultivadores de caña de azúcar colombiana (ASOCAÑA).** (s.f<sub>2</sub>). Historia del sector azucarero. Recuperado en mayo de 2016 de la web: <http://www.asocana.org/publico/historia.aspx>
- Avila, O. Suárez, J.** (2010). Análisis de ciclo de vida de integración del proceso de producción de bioetanol de segunda generación a partir de bagazo de caña. (Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Químico). Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga.
- Avila, O. Suárez, J. Ojeda, K. Kafarov, V.** (2012). Análisis de ciclo de vida del proceso de producción de bioetanol a partir de bagazo de caña. *Ingeniator, Revista Virtual de los Programas de Ingeniería*, Universidad de San Buenaventura, Seccional Cartagena, Vol.2, N°3, Julio – Diciembre del 2011, ISSN 2027-9396 (en línea), pp. 85-97.
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Ministerio de Minas y Energía.** (2012). Proyecto “Estrategias de energía sostenible y biocombustibles para Colombia ATN/JC-10826-CO y ATN/JF-10827-CO”. “Evaluación del ciclo de vida de la cadena de producción de biocombustibles en Colombia”. Consorcio CUE.
- Banco Mundial.** 2014. Notas Políticas de Colombia: hacia la paz sostenible, la erradicación de la pobreza y la prosperidad compartida. Washington, DC: Banco Mundial. Licencia: Creative Commons Attribution CC BY 3.0 IGO
- Banco Nacional de Desarrollo Económico y Social (BNDES). Centro de Gestión y Estudios Estratégicos (CGEE).** (2008). Bioetanol de caña de azúcar: energía para el desarrollo Sostenible. Rio de Janeiro.
- Barnard, C.** (1938). The function of the executive, Harvard University Press, Cambridge, MA.

**Barrial, S. Ducoing, M. Mejía, J. Vicente, P.** (2013). SMEs shift engine: The path to a sustainable management. Proyecto Fin de Máster, Escuela de Organización Industrial, Madrid, España.

**Berle, A. Means, G.** (1932). The modern corporation and private property, Commerce Clearing House, New York.

**Bioenergy.** (2017). Bioenergy inició producción continua de etanol. Recuperado en abril de 2017 de la web: <http://www.bioenergy.com.co/SitePages/Noticia.aspx?IdElemento=32>

**Blanchard, K. Peale, V.** (1988). Éthique et management, Les Éditions d' Organization, París. Citado por Le Mouël, 1992.

**Boguslaw, J.** (2002): "Have we arrived? Only when the integration of stakeholder interests becomes business as usual", Accountability Quarterly, n° 19, pp. 52–58.

**Bowen, H. R.** (1953). Social responsibilities of the businessman. New York: Harper & Row.

**Brenner, S.N.** (1993): "The Stakeholder Theory of the Firm and Organizational Decision Making: Some Propositions and a Model". Proceedings of the Fourth Annual Meeting of the Internatinal Association for Business and Society, pp. 205-210.

**Bueno, L. S.** (2011). Oportunidades y Amenazas de los Biocombustibles en Colombia. Tesis de maestría, Pontificia Universidad Javeriana. Recuperado en abril de 2017 de la web: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/12377/BuenoRojasLucySikint2011.pdf?sequence=1>

**Buitrago, R. Belalcázar, L. C.** (2013). Análisis del ciclo de vida para la producción de bioetanol en Colombia por medio de OpenLCA. Épsilon (21), 145-156.

**Cardona, C. A. Sánchez, O. J. Montoya, M. I. Quintero, J. A.** (2005). Simulación de los procesos de obtención de etanol a partir de caña de azúcar y maíz. Scientia et Technica XI (28) : 187–192.

**Carroll, A.B.** (1999). Corporate Social Responsibility: Evolution of a Definitional Construct Business & Society, 38: 268-295. Recuperado en julio de 2016 de la web: <http://bas.sagepub.com/content/38/3/268>.

**Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (CENICAÑA).** (1995). El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. Cali, Colombia : Cenicaña.

**Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (CENICAÑA).** (2016). Cálculo de Huella de Carbono del Alcohol Carburante Colombiano. Documento de trabajo.

**Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (CENICAÑA).** (s.f.). La región azucarera de Colombia. Recuperado en abril de 2016 de la web: <http://www.cenicana.org/web/acerca-de/agroindustria/la-region-azucarera-de-colombia>

**Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (CENICAÑA).** (s.f.). Agricultura específica por sitio, AEPS. Recuperado en julio de 2016 de la web: <http://www.cenicana.org/web/acerca-de/item/475-agricultura-especifica-por-sitio-aeps>

**Centro Nacional de Productividad (CNP).** (2002). El conglomerado del azúcar del Valle del Cauca, Colombia (Vol. 134). United Nations Publications.

**Cherubini, F. Stromman, A. H.** (2011). Life cycle assessment of bioenergy systems: State of the art and future challenges. Bioresource Technology, 102(2), 437–451.

**Clarkson, M.** (1995). A stakeholder framework for analyzing and evaluating corporate social performance, Academy of Management Review, 20(1):92-117.

**Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).** (2006). Perspectivas de un Programa de Biocombustibles en América Central. Recuperado en abril de 2017 de la web: <http://www.eclac.org/publicaciones/xml/9/14459/L606-1.pdf>

**Comisión Pastoral de la Tierra. Red Social de Justicia y Derechos Humanos.** (2007). La industria de la caña en Colombia. En Agroenergía: Mitos e Impactos en América Latina. Sao Pablo, Brasil. Recuperado en abril de 2017 de la web: <http://www.social.org.br/Cartilha%20Agroenergia%20espanhol.pdf>

**CONCAWE.** (2006). Well-to-Wheels Analysis of Future Automotive Fuels and Powertrains in the European Context, Summary Report, Joint Research Centre of the EU Commission, and European Council for Automotive R&D.

**Congreso de Colombia.** (27 de octubre de 1994). Artículo 4. Aprueba la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (Ley 164 de 1994). Nueva York .

**Congreso de la República de Colombia.** (9 de junio de 2015). Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 “Todos por un nuevo país”. (Ley 1753 de 2015). Diario Oficial 49538. Recuperado en abril de 2017 de la web: <http://www.sic.gov.co/sites/default/files/documentos/LEY-1753-15%20Plan%20Nacional%20de%20Desarrollo%202014%20-%202018.pdf>

**Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC).** (2004). Génesis y Desarrollo de una Visión de Progreso. CVC 50 años. Cali: Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca-CVC.

**Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC). GEAUR Palmira. Instituto de Estudios Ambientales de la Universidad Nacional de Colombia (IDEA) .** (2008). Perfil ambiental urbano municipio de Palmira; Informe final 063 de 2007. Recuperado en mayo de 2016 de la web: [http://www.idea.palmira.unal.edu.co/paginas/proyectos/paginas/perfil\\_amb/perfil\\_ambiental.pdf](http://www.idea.palmira.unal.edu.co/paginas/proyectos/paginas/perfil_amb/perfil_ambiental.pdf)

**Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC). Universidad Nacional Sede Palmira.** (2008). Recuperado en diciembre de 2015 de la web: [http://www.idea.palmira.unal.edu.co/paginas/proyectos/paginas/perfil\\_amb/perfil\\_ambiental.pdf](http://www.idea.palmira.unal.edu.co/paginas/proyectos/paginas/perfil_amb/perfil_ambiental.pdf)

**Cortes, B. T.** (2010). Descripción Socioambiental del Suelo en el valle geográfico del río Cauca. El Caso de la Agroindustria Azucarera. Revista. Luna. Azul, 31(31), 41-57.

**Da Silva, S.S.** (2012). Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) do etanol combustível: uma análise econômica, social e ambiental. 130 p. Dissertação (Pós-Graduação, Mestrado em Economia Regional). Centro de Estudos Sociais Aplicados, Universidade Estadual de Londrina.

**Delgadillo, O. L.** (2014). La caña de azúcar en la historia ambiental del valle geográfico del río Cauca. Tesis de Doctorado en Estudios ambientales y rurales, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá. Recuperado en mayo de 2016 de la web: <http://hdl.handle.net/10554/15735>

**Domínguez, P. Salgar, A. Cárdenas, G.** (1981). La cosecha de la caña de azúcar. En Gobernación de Antioquia, Secretaría de Agricultura y Fomento, Industrialización de la Caña. Recuperado en marzo de 2017 de la web: [http://digitool.gsl.com.mx:1801/webclient/StreamGate?folder\\_id=0&dvs=1490462961604~153](http://digitool.gsl.com.mx:1801/webclient/StreamGate?folder_id=0&dvs=1490462961604~153)

**Dufey, A.** (2006). Producción y Comercio de Biocombustibles y Desarrollo Sustentable: Los Grandes Temas. Londres: Instituto Internacional para el Medio Ambiente y Desarrollo.

**Egglestone, S. Buendia, L. Miwa, K. Ngara, T. Tanabe, K.** (2006). Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). v4. Japón. Recuperado en noviembre de 2016 de la web: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/>

**Elsayed, M.A., Matthews, R., Mortimer, N.D.** (2003). Carbon and Energy Balances for a Range of Biofuel Options. In: R. R. Unit (Ed.), Sheffield Hallam University, UK, Sheffield. p. 71.

**FedeBiocombustibles.** (2004). ABC de los alcoholes carburantes. Recuperado en julio de 2015 de la web: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:p3ky9HUVtt0J:www.lasillaelectrica.com/ce/docword/carburantes.doc+&cd=2&hl=es&ct=clnk&gl=co>

**FedeBiocombustibles.** (2013). 'BIOS' de talla mundial. Fedebiocombustibles.com. Recuperado en julio de 2015 de la web: <http://www.fedebiocombustibles.com/v3/nota-web-id-1347.htm>

**Finkbeiner, M. Schau, E. M. Lehmann, A. Traverso, M.** (2010). Towards life cycle sustainability assessment. Sustainability, 2(10), 3309-3322.

**Food and Agricultural Organization Statistical FAOSTAT.** (2019). Agriculture Data, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Sugar cane. Recuperado en julio de 2019 de la web: <http://www.fao.org/faostat/es/#data>

**Franco, G. Correa, V.** (2009). Los Patrones de Cambio Tecnológico en la Región El Ingenio Risaralda S.A. (tesis de pregrado). Universidad Católica Popular del Risaralda, Pereira, Colombia.

**Freeman, R. E.** (2005). Stakeholder Theory, pp.496-500. En Werhane, P. & Freeman, R.E. (Ed.) The Blackwell encyclopedia of management, vol. II Business Ethics, Oxford: Blackwell Publishing.

**Freeman, R. E.** 1984. Strategic management: A stakeholder approach. Boston: Pitman

**Friedman, M.** (1970). "The Social Responsibility of Business is to Increase its Profits". En: The New York Times Magazine, Septiembre 13.

**Gaete, R.** (2012). Responsabilidad social universitaria: una mirada a la relación de la universidad con la sociedad desde la perspectiva de las partes interesadas. Un estudio de caso. Tesis de Doctorado, Facultad de Educación y Trabajo Social, Departamento de Sociología y Trabajo Social, Universidad de Valladolid, España. Recuperado en julio de 2016 de la web: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/923/1/TESIS148-120417.pdf>

**Ganduglia, F.** (2009). Handbook on Biofuels. San José, Costa Rica: Interamerican Institute for Agricultural Cooperation (IICA). Regional Association of Oil and Natural Gas Companies of Latin America and the Caribbean (ARPEL).

**García, H. Calderón, L.** (2012). Evaluación de la política de Biocombustibles en Colombia. Fedesarrollo. Recuperado en abril de 2017 de la web: <http://www.asorinoquia.org/DPN/Evaluacion.pdf>

**García, M.** (2010). Propuesta metodológica para la aplicación del análisis de ciclo de vida a la producción de etanol en Guatemala. (Tesis de Maestría en Energía y Ambiente). Universidad de San Carlos de Guatemala.

**Giménez, G. B. Gómez, J. D. R. Villegas, M. G.** (2007). La responsabilidad social en las organizaciones (RSO): análisis y comparación entre guías y normas de gestión e información. Innovar: Revista de ciencias administrativas y sociales, 17(29), 27-48.

**Giraldo, R.** (2014). Reconfiguración del paisaje y agroecología en el Valle del Cauca, 1850-2010. Revista Luna Azul, 38, 252-273. Recuperado en mayo de 2016 de la web: <http://lunazul.ucaldas.edu.co/index.php?option=content&task=view&id=905>

**Gnansounou, E. Dauriat, A. Villegas, J. Panichelli, L.** (2009). Life cycle assessment of biofuels: energy and greenhouse gas balances. Bioresource technology, 100(21), 4919-4930.

**Goedkoop, M. Heijungs, R. Huijbregts, M. De Schryver, A. Struijs, J. van Zelm, R.** (2009). ReCiPe 2008: A life cycle impact assessment method which comprises harmonized category indicators at the midpoint and the endpoint level). (1ra ed.)

**Google Maps.** (2016). Recuperado en mayo de 2016 de la web: <https://www.google.com.co/maps/place/Ingenio+Risaralda>

**Gray, K.A. Zhao, L.S. Emptage, M.** (2006). "Bioethanol," Current Opinion in Chemical Biology, Vol. 10, No. 4, pp. 141-146. doi:10.1016/j.cbpa.2006.02.035

**Hernández Sampieri, R. Collado, C. F. Batista, P.** (2002). Metodología de la investigación. Editorial México.

**Hernández, A.** (2014). Análisis de ciclo de vida aplicado a la producción de tableros de esterilla de guadua, en el eje cafetero (tesis de maestría). Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia.

**Honty, G. Gudynas E.** (2007). Agrocombustibles y desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe: Situación, Desafíos y Opciones de Acción. Montevideo: Centro Latinoamericano de Ecología Social (CLAES)/Desarrollo, Economía, Ecología y Equidad – América Latina.

**IESE. Fundación Entorno. Pricewaterhousecoopers.** (2002). Código de Gobierno para la empresa sostenible. Recuperado en agosto de 2016 de la web: <http://www.iese.edu/research/pdfs/ESTUDIO-94.pdf>

**Ihobe, Sociedad pública de gestión ambiental.** (2009). Análisis de Ciclo de Vida y Huella de Carbono. Dos maneras de medir el impacto ambiental de un producto. España. Edición IHOB, Sociedad Pública de Gestión Ambiental. Recuperado en septiembre de 2015 de la web: <http://www.euresp-plus.net/sites/default/files/resource/An%CC%81lisis%20de%20Ciclo%20de%20Vida%20y%20Huella%20de%20Carbono.pdf>

**Ingenio Risaralda S.A.** (2004). Ingenio Risaralda "25 Años, Generando Riqueza". Ingenio Risaralda S.A., Balboa, Risaralda.

**Ingenio Risaralda S.A.** (2014). Informe de Sostenibilidad del Ingenio Risaralda S.A. Recuperado en abril de 2016 de la web: [https://issuu.com/ingeniorisaralda/docs/informe\\_de\\_sostenibilidad\\_2014](https://issuu.com/ingeniorisaralda/docs/informe_de_sostenibilidad_2014)

**Ingenio Risaralda S.A.** (2015). Informe de Gestión del Ingenio Risaralda S.A., Balboa, Risaralda. Recuperado en agosto de 2017 de la web: [https://www.pagegear.co/es/dominios/ingeniorisaralda/upload/373/informe\\_de\\_gestion\\_2015\\_8\\_mb.pdf](https://www.pagegear.co/es/dominios/ingeniorisaralda/upload/373/informe_de_gestion_2015_8_mb.pdf)

**Ingenio Risaralda S.A.** (2015). Informe de Sostenibilidad del Ingenio Risaralda S.A., Balboa, Risaralda. Recuperado en agosto de 2017 de la web: [http://www.pagegear.co/es/dominios/ingeniorisaralda/upload/373/informe\\_de\\_sostenibilidad\\_2015\\_9\\_mb.pdf](http://www.pagegear.co/es/dominios/ingeniorisaralda/upload/373/informe_de_sostenibilidad_2015_9_mb.pdf)

**Ingenio Risaralda S.A.** (2016). Manual Integrado de los Sistemas De Gestión Calidad, Ambiental y Seguridad y Salud en el Trabajo. Ingenio Risaralda S.A., Balboa, Risaralda.

**Ingenio Risaralda S.A.** (s.f.). Biodesterilía. Recuperado en abril de 2017 de la web: [https://www.ingeniorisaralda.com/es/ipaginas/ver/G360/150/alcohol\\_carburante/](https://www.ingeniorisaralda.com/es/ipaginas/ver/G360/150/alcohol_carburante/)

**Ingenio Risaralda S.A.** (s.f.). Elaboración. Recuperado en abril de 2017 de la web: <https://www.ingeniorisaralda.com/es/ipaginas/ver/G148/63/elaboracion/>

**Ingenio Risaralda S.A.** (s.f.). Energía. Recuperado en abril de 2017 de la web: <https://www.ingeniorisaralda.com/es/ipaginas/ver/G359/66/energia/>

**Ingenio Risaralda S.A.** (s.f.). Proceso productivo del Ingenio Risaralda S.A. Recuperado en marzo de 2017 de la web: <https://www.ingeniorisaralda.com/es/ipaginas/ver/124/proceso-productivo/>

**Ingenio Risaralda S.A.** (s.f.). Direccionamiento Estratégico del Ingenio Risaralda S.A. Recuperado en agosto de 2018 de la web: <https://www.ingeniorisaralda.com/es/ipaginas/ver/G168/49/direccionamiento-estrategico/>

**Ingenio Risaralda S.A.** (s.f.). Generalidades del Ingenio Risaralda S.A. Recuperado en enero de 2016 de la web: [https://www.ingeniorisaralda.com/es/ipaginas/ver/G250/45/resena\\_historica/](https://www.ingeniorisaralda.com/es/ipaginas/ver/G250/45/resena_historica/)

**Ingenio Risaralda S.A. Fundación para el mejoramiento de la productividad del cultivo de la caña de azúcar (FUNDEAGRO). Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (CENICAÑA).** (2006). Guía para el control de calidad de las labores de cultivo de la caña de azúcar. Ingenio Risaralda S.A., Balboa, Risaralda.

**Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC).** (2007). Norma Técnica Colombiana NTC-ISO14040. Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Principios y marco de referencia. Bogotá

**Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).** (2007). "Summary for Policymakers". En "Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change". (S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor y H.L. Miller, eds.). Cambridge University Press, Cambridge y Nueva York.

**International Union for Conservation of Nature (IUCN). United Nations Environment Programme (UNEP). World Wide Fund for Nature (WWF).** (1980). World Conservation Strategy: Living Resource Conservation for Sustainable Development. International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources. Gland, Switzerland.

**Isaacs, C. Carbonell, J. Amaya, A. Torres, J. Victoria, J. Quintero, R. Palma, A. Cock, J.** (2007). Site Specific Agriculture and Productivity in the Colombian Sugar Industry. In Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol (Vol. 26).

**Jaramillo, J. Londoño, N. Sánchez, G.** (2015). Sugar Cane Agrobussiness and Traditional Farm in the Northern Plains of Cauca (Colombia). Historical Perspectives and Ethnographic Notes. Memoria y Sociedad, 19(39), 30-47. <https://dx.doi.org/10.11144/Javeriana.mys19-39.aaft>

**Jenkins, B.** (1994). Atmospheric pollutant emission factor from open burning of sugar cane by wind tunnel simulation – Final Report. University of California, Davis.

**Kinnear, T. C. Taylor, J. R.** (1993). Investigación de mercados: un enfoque aplicado. Santa Fé de Bogotá: Mc. Graw-Hill, Interamericana. 4 ta. ed.

**Larson, E. D.** (2006). A review of life-cycle analysis studies on liquid biofuel systems for the transport sector. *Energy for Sustainable Development*, 10(2), 109-126.

**Le Mouél, J.** (1992). *Crítica de la eficacia. Ética, verdad y utopía de un mito contemporáneo*, Paidós, México.

**Lozano, J. Soler, I.** (2000). La empresa en la sociedad: responsabilidades éticas. En A.M. Güell, y M. Vila (Eds.), *América Latina y España: un mundo compartido* (pp. 29-43). Barcelona: Bronce.

**Lozano, J. M.** (1999). *Ética y empresa* (p. 320). Madrid: Trotta.

**Lozano, J. M.** (2009). *La empresa ciudadana como empresa responsable y sostenible*. Madrid: Trotta.

**Marín, J. J. Ortiz, N. L. González, G. S.** (2015). Agroindustria azucarera y finca tradicional en el norte plano del Cauca (Colombia). *Perspectivas históricas y claves etnográficas*. *Memoria y Sociedad*, 19(39), 30-47.

**Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.** (2006). *Estrategia de Desarrollo de Biocombustibles: Implicaciones para el Sector Agropecuario*. Bogotá D.C. Recuperado en julio de 2015 de la web: <http://www.corpoica.org.co/sitioweb/Convenio/Documentos/EstrategiaDesarrolloBiocombustiblesColombia.pdf>

**Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT). Sociedad de Agricultores de Colombia (SAC). Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar de Colombia (ASOCAÑA).** (2002). *Guía ambiental para el Subsector Caña de azúcar*. Bogotá.

**Ministerio de Minas y Energía.** (2001). Ley 693 de Septiembre 19 de 2001. Recuperado en julio de 2015 de la web: <http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/archivosSoporteRevistas/3660.pdf>

**Ministerio de Minas y Energía.** (2003). Resolución 18 0687 de 2003. Recuperado en julio de 2015 de la web: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=21978>

**Moneva, J.M.** (2005). Información sobre responsabilidad social corporativa: Situación y tendencias, *Revista Asturiana de Economía RAE*, N°34, pp.43-67.

**Montoya, M. I. Quintero, J. A.** (2005). *Esquema tecnológico integral de la producción de bioetanol carburante*. (Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Químico). Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales.

**Montoya, M. I. Quintero, J. A., Sánchez, Ó. J. Cardona, C. A.** (2006). Evaluación del impacto ambiental del proceso de obtención de alcohol carburante utilizando el algoritmo de reducción de residuos. *Revista Facultad de Ingeniería*, 36, 85–95.

**Moya, J. V.** (2010). Responsabilidad social. *Enfoque UTE*, 1(1), pp-90.

**Niederl, A. Narodslawsky, M.** (2004). Life cycle assessment – study of biodiesel from tallow and used vegetable oil. *Institute of efficient resources and sustainable systems*, 721-739.

**Norris, G.** (2001). Integrating life cycle cost analysis and LCA. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 6, 118–120.

**O'Brian, M., Doig, A., Clift, R.** (1996). Social and environmental life cycle assessment (SELCA). *International Journal of Life Cycle Assessment*, 1 (4), 231-237.

**Ometto, A. R.** (2005). *Avaliação do ciclo de vida do álcool etílico hidratado combustível pelos métodos EDIP, Exergia e Emergia*. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

**Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD).** (2011). *Green Growth Strategy Synthesis Report*, Paris: OECD, Economic Policy Committee.

**Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC).** (2014). *OECD Environmental Performance Reviews: Colombia 2014*, OECD Publishing, Paris. DOI: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264208292-en>

**Orjuela, J. A. Ramírez, C. X. Linares, K. V.** Procesos productivos para la obtención de agro combustibles. Universidad Católica de Colombia. *Studiositas*, edición de diciembre, vol5, núm.3.



**Owen, D.L. Swift, T. Hunt, K.** (2002). Questioning the role of stakeholder engagement in social and ethical accounting, auditing and reporting, *Accounting Forum*, 25 (3), pp. 264– 282.

**Patño, V. M.** (1969). Esbozo histórico sobre la caña de azúcar.

**Pérez, M. Álvarez, P.** 2009. Deuda Social y Ambiental del Negocio de Caña de Azúcar en Colombia. ARFO Editores e Impresores, Ltda, Colombia. Bogotá.

**Pinillos, A. Fernández, J. L.** (2011). De la RSC a la sostenibilidad corporativa: una evolución necesaria para la creación de valor. *Harvard-Deusto Business Review*, 207, 5-21.

**Porter, M. Kramer, M.** (2006). Estrategia y sociedad: El vínculo entre ventaja competitiva y responsabilidad social corporativa. En: *Harvard Business Review*, Volumen 84 Número 12, páginas: 42 a 57.

**Prahalad, C.** (2005). *The fortune at the bottom of the pyramid*, Wharton School Publishing. New Jersey.

**PRé Consultant.** (2010). SimaPro 7.2.3 LCA software. Amersfoort, Netherlands.

**Preston, L. E. Sapienza, H. J.** (1990). Stakeholder management and corporate performance. *Journal of Behavioral Economics*, 19(4), 361-375.

**Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).** (2002). Integración del Medio Ambiente y el Desarrollo: 1972-2002. En *Perspectivas del Medio Ambiente Mundial*, GEO3, Pasado, Presente y Futuro. España, Madrid: Mundiprensa.

**Quirin M., Gartner S.O., Pehnt M., Reinhardt G.A.** (2004). CO<sub>2</sub> Mitigation Through Biofuels in the Transport Sector: Status and Perspectives. In: I. f. E. a. E. R. (IFEU) (Ed.), *Main Report*, Heidelberg, Germany, p. 57.

**Rincón, C.** (2013). Características de la producción de etanol en los ingenios azucareros del valle geográfico del río Cauca - Colombia - . una aproximación a su impacto socioeconómico y ambiental. Centro Cultura Floreal Gorini. Tuluá, Valle del Cauca. Colombia.

**Rosas, G. Tobón, S.** 2008. El Funcionamiento de la Agroindustria del Azúcar y el Sistema de Pago de Caña de Azúcar en Colombia. Corporación de Estudios y Asesorías para el Desarrollo, Cali, Colombia.

**Saiz, V.** (2012). Teoría de los Stakeholders.

**Sánchez, O. J.** (2008). Síntesis de esquemas tecnológicos integrados para la producción biotecnológica de alcohol carburante a partir de tres materias primas colombianas. Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de Colombia, Manizales. Recuperado en agosto de 2015 de la web: <http://www.bdigital.unal.edu.co/3539/#sthash.GmJN8Xf.dpuf>

**Sánchez, O. J. Cardona, C. Sánchez, D.** (2007). Análisis de ciclo de vida y su aplicación a la producción de bioetanol: Una aproximación cualitativa. *Revista Universidad EAFIT*, 43(146), 59-79. Recuperado en septiembre de 2015 de la web: <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/view/773/680>

**Sánchez, R.** (2008). Las iras del azúcar: la huelga de 1976 en el Ingenio Riopaila. *Historia Crítica*, (35), 34-57. Retrieved April 13, 2016, from [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0121-16172008000100004&lng=en&tlng=pt](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-16172008000100004&lng=en&tlng=pt).

**Santos, D. T.** (2009). Análise do ciclo de vida dos produtos açúcar e álcool em usinas sucroalcooleira no estado de Mato Grosso do Sul. Programa de Pós – Graduação em Tecnologias Ambientais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, na área de concentração em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos.

**Sarria, P. Solano, A. Preston, P.R.** (1990). Utilización de jugo de caña y cachaza panelera en la alimentación de cerdos. *Livestock Research For Rural Development*. Recuperado en abril de 2017 de la web: <http://lrrd.cipav.org.co/lrrd2/2/sarria.htm>

**Sison, A. J.** (2008). *Corporate Governance and Ethics. An Aristotelian perspective*, Cheltenham: Edward Elgar Publishing.

**Sternberg, E.** (1997). The defects of stakeholder theory. *Corporate Governance: An International Review*, 5(1), 3-10.

**Suppen, N.** (2007). *Conceptos básicos del Análisis de Ciclo de Vida y su aplicación en el Ecodiseño*. México: Centro de Análisis de Ciclo de Vida y Diseño Sustentable. Recuperado en agosto de 2015 de la web: [www.lcamexico.com](http://www.lcamexico.com).

**Suppen, N. Arista, G. Aguillón, J.** (2013). Análisis de Ciclo de Vida y Ecodiseño para la Construcción en México. Centro de Análisis de Ciclo de Vida y Diseño Sustentable, Facultad del Hábitat, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, ISBN 978-607-7856-76-4.

**Unidad de Planeación Minero Energética (UPME).** (2009). Biocombustibles en Colombia. Recuperado en julio de 2015 de la web: [http://www.fedebiocombustibles.com/files/Biocombustibles\\_Colombia.pdf](http://www.fedebiocombustibles.com/files/Biocombustibles_Colombia.pdf)

**Unidad de Planeación Minero Energética (UPME).** Calculadora de los Factores de Emisión de los combustibles colombianos (FECOC). Recuperado en noviembre de 2016 de la web: [http://www.upme.gov.co/Calculadora\\_Emisiones/aplicacion/calculadora.html](http://www.upme.gov.co/Calculadora_Emisiones/aplicacion/calculadora.html)

**United Nations (UN).** (1987). Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development. Recuperado en agosto de 2015 de la web: <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>

**United Nations (UN).** (2002). World Summit on Sustainable Development. Johannesburg. Recuperado en agosto de 2015 de la web: <http://www.johannesburgsummit.org/index.html>

**United Nations (UN).** (2012). Report of the United Nations Conference on Sustainable Development. Rio de Janeiro, Brazil. Recuperado en agosto de 2015 de la web: <http://www.uncsd2012.org/content/documents/814UNCSD%20REPORT%20final%20revs.pdf>

**United Nations (UN).** (2015). Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Recuperado en junio de 2016 de la web: <http://www.un.org/es/comun/docs/?symbol=A/RES/70/1>

**Valencia, M. J.** (2012). Assessment of greenhouse gases emissions associated to Colombian Biofuels Lifecycle. (Tesis de maestría en Ingeniería Química). Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales.

**Valencia, M. J. Cardona, A.** (2013). Evaluación Ambiental para procesos que usan residuos de la industria de los biocombustibles como materias primas. Revista EIA, (19), 103-110. Recuperado en septiembre de 2015 de la web: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1794-12372013000100009&lng=en&lng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372013000100009&lng=en&lng=es).

**Varela, M. Lago, C. Jungmeier, G. Koenighofer, K.** (2005). Environmental and Economic Performance of Biofuels – Volume I, Main Report, in: SenterNovem (Ed.), VIEWLS (Clear Views on Clean Fuels) Project, Utrecht, the Netherlands. p.242.

**Vilela, F. S. V.** (2013) Avaliação do ciclo de vida da produção industrial de etanol e açúcar. Estudo de Caso: Usina Jalles Machado S/A. Dissertação de Mestrado em Ciências Mecânicas. Publicação ENM.DM-184A/2013, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 107 p.

**Vives, A. Corral, A. Isusi, I.** (2005). Responsabilidad Social de la Empresa en las PyMEs de Latinoamérica, BID e IKEI.

**Von Blottnitz, H. Curran, M. A.** (2007). A review of assessments conducted on bio-ethanol as a transportation fuel from a net energy, greenhouse gas, and environmental life cycle perspective. Journal of cleaner production, 15(7), 607-619.

**Wang, J. Dewhirst, H. D.** (1992). Boards of directors and stakeholder orientation. Journal of business ethics, 11(2), 115-123.

**Weidema, B., et al.** (2013). Overview and methodology. Data quality guideline for the ecoinvent database version, 3, 2009-2013.

**Weiss, A.** (2003). Responsabilidad social de las empresas en una sociedad de “afectados”. En: Innovar, Universidad Nacional de Colombia, Número 22, páginas: 43 a 54.

**White, A. Savage, D. Shapiro, K.** (1996). Life cycle costing: concepts and applications in Environmental Life Cycle Assessment, McGraw Hill, 7.1-7.19.

**Yacobucci, B. D. Womach, J.** (2002). Fuel ethanol: background and public policy issues. CRS Report for Congress, and. RL30369, Summary, 21 feb. 2002.

**Zuhaga, J.C.** (2009). La historiografía económica sobre el Valle del Cauca, Siglos XIX-XX. Temas, espacios y tiempos: Una aproximación cuantitativa. HISTORELO. Revista de Historia Regional y Local, 1(2), 203-227. Recuperado en julio de 2015 de la web: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2145-132X2009000200008&lng=en&lng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2145-132X2009000200008&lng=en&lng=es).

# **ANEXOS**

# ANEXO 1. REVISIÓN CRÍTICA (ACADÉMICA). CENTRO DE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA Y DISEÑO SUSTENTABLE, CADIS. MÉXICO, 2016.



Revisión del proyecto final

Calificación

98,1

Sección	Requisito	¿Se incluyó?	Comentario	Calificación
Introducción	o Se describe el contexto del estudio	Sí	Muy amplio y detallado.	98
	o Se menciona:			
	quién lo elabora y para quién.	Sí	No es claro para quién se elabora, está implícito, pero debe mencionarse claramente.	
	La fecha de inicio y término.	No		
Objetivo	que se elaboró de acuerdo a la norma ISO 14040	Sí		100
	Se mencionan claramente los siguientes aspectos:		Se recomienda declarar estos aspectos por separado para darle mayor claridad.	
	o razones para realizar el estudio	Sí		
	o aplicación prevista	Sí		
	o público previsto	Sí		
Alcance	o declaración sobre aseveraciones comparativas	Sí		99
	o Se definen con claridad la unidad funcional y el flujo de referencia.	Sí	Se recomienda hacer este ajuste a la unidad funcional: producir 28.215,58 m3 de etanol anhidro en el Ingenio Risaralda S.A durante el año 2015, el cual se mezcla con gasolina y es utilizado como combustible vehicular.	
	o Se describe con claridad el sistema del producto, estableciendo los límites del sistema y las etapas de ciclo de vida evaluadas.	Sí		
Inventario del ciclo de vida (ICV)	Se incluyen las siguientes secciones:			96
	o Procedimiento de recopilación de datos	Sí	Muy detallado. Se menciona lo siguiente: Los resultados de huella de carbono se expresan con el eco-indicador kilogramos de dióxido de carbono. No obstante el ecoindicador no expresa el resultado en dichas unidades, es necesario corregir.	
	o Diagrama de flujo de los procesos unitarios evaluados	Sí		
	o Descripción cualitativa y cuantitativa (tablas de ICV) de los procesos unitarios	Sí	A pesar de que se menciona el archivo de excel como anexo, es necesario incluir en el informe el ICV. Se observa el trabajo detallado en el archivo de excel, no obstante es importante indicar qué conjunto de datos se usó para representar cada flujo del inventario.	
	o Se menciona si se aplicaron criterios de corte y su justificación.	No		
	o Procedimientos de asignación aplicados y su justificación	Sí	Es necesario aclarar si se realizó una asignación con respecto a la generación de energía eléctrica en el caso de que se genere más de lo que requiere el proceso y esta sea utilice por otra empresa.	
	o Suposiciones realizadas	No	En el requisito de calidad Incertidumbre, se menciona que la incertidumbre proviene de las suposiciones realizadas, pero no hay un apartado donde se describan cuáles fueron.	
Evaluación del impacto del ciclo de vida (EICV)	o Análisis de la calidad de datos	Sí	Se recomienda realizar una tabla en la que la primera columna se coloquen los datos y en las siguientes los requisitos que marca la norma, de modo que se describa cómo está el dato para cada requisito.	96
	Se describen los siguientes aspectos:			
	o Software empleado para el cálculo de impactos	Sí		
	o Método de evaluación empleado (ReCiPe) y la explicación de la selección	Sí		
	o Categorías de impacto evaluadas, definiendo cada una	Sí		
Evaluación del impacto del ciclo de vida (EICV)	o Los resultados de la EICV presentados tanto gráficamente como numéricamente	Sí	Es necesario que exista coherencia entre el flujo de referencia definido y los resultados mostrados en la EICV. El flujo mencionado es de 28.215,58 m3, pero los resultados están expresados para 1 m3. Las proporciones de la gráfica se mantendrán, pero los valores cambiarán. En general se observa un buen trabajo en la EICV con una discusión apropiada. Es importante explicar con detalle la carga evitada observada en la Figura 6 y 11.	96
	o Análisis de contribución	Sí	Las proporciones del análisis de contribución se mantendrán, pero los resultados numéricos cambiarán al evaluar el flujo de referencia mencionado.	
	Se incluye:			
	o Identificación de asuntos significativos en ICV e EICV	Sí	Muy buen trabajo.	
Interpretación	o Se realiza al menos una de las siguientes evaluaciones: integridad, sensibilidad, incertidumbre o coherencia	Sí		96
	o Conclusiones, recomendaciones y limitaciones	Sí	No se dan recomendaciones para mejorar el desempeño ambiental del sistema, sólo se habla de cómo mejorar el estudio, ni se declaran limitaciones del estudio. Es importante explicar cómo se está haciendo la asignación entre los distintos productos obtenidos: azúcar, bioetanol y energía eléctrica.	
Extensión del documento	o El texto no sobrepasa 50 páginas y cubre todos los aspectos de manera clara.	Sí		100
Bibliografía	o Se incluyen las fuentes bibliográficas consultadas y están citadas correctamente en el texto.	Sí		100

## ANEXO 2. PLANO DE LA ZONA DE INFLUENCIA DEL INGENIO RISARALDA S.A.



**Fuente:** Coordinación de Sistemas de Información Geográfica, Dirección de Campo, Ingenio Risaralda S.A. (2016).

## ANEXO 3. FORMULARIO DE LA ENCUESTA

### ENCUESTA DE PERCEPCIÓN DE LA RESPONSABILIDAD SOCIAL EMPRESARIAL (RSE) EN EL INGENIO RISARALDA S.A.

Esta encuesta pretende conocer la percepción de los grupos de interés del Ingenio Risaralda S.A., respecto al tema de la implementación de la responsabilidad social empresarial (RSE), en la Organización.

Marque solo una x por pregunta, en la casilla que usted considere y diligencie los espacios que en su concepto haga falta:

**Género de quien responde la encuesta**

☐

Femenino

☐

Masculino

**Edad de quien responde la encuesta**

☐  
☐  
☐

Menor de 18 años  
De 18 a 25 años  
De 26 a 32 años

☐  
☐  
☐

De 33 a 39 años  
De 40 a 46 años  
De 47 a 53 años

☐  
☐  
☐

De 54 a 60 años  
De 61 a 67 años  
Mayor de 67 años

**Mayor nivel educativo de quien responde la encuesta**

☐  
☐  
☐

Sin formación  
Primaria  
Secundaria

☐  
☐  
☐

Técnico  
Tecnólogo  
Universitario

☐  
☐  
☐

Especialización  
Maestría  
Doctorado

**Área de formación**

☐  
☐  
☐

Ciencias básicas  
Ciencias Sociales  
Ciencias Económicas

☐  
☐  
☐

Derecho  
Ciencias de la Salud  
Ingeniería

☐  
☐  
☐

Educación y humanidades  
Otro  
Cual? \_\_\_\_\_

**Lugar de procedencia**

☐  
☐  
☐  
☐

Balboa  
La Virginia  
Pereira  
Santuario

☐  
☐  
☐  
☐

La Unión  
Toro  
Obando  
Ansermanuevo  
Cartago

☐  
☐  
☐  
☐

Anserma  
San José  
Viterbo  
Belalcázar

☐  
☐  
☐  
☐

Otro

**¿A qué grupo de interés pertenece?**

☐  
☐  
☐

Accionista  
Colaborador  
Proveedor

☐  
☐  
☐

Gremios  
Estado  
Comunidad

☐

Clientes

Organización donde  
labora

**¿Sabe usted que es responsabilidad social empresarial?:**

☐

Si

☐

No

Como parte interesada del Ingenio Risaralda S.A, usted considera (si conoce la respuesta marque una sola opción, de lo contrario, no marque ninguna):	TOTALMENTE DE ACUERDO	DE ACUERDO	EN DESACUERDO	TOTALMENTE EN DESACUERDO
El Ingenio Risaralda S.A. es socialmente responsable.	1	2	3	4
La ubicación del Ingenio Risaralda S.A., ha aportado al desarrollo de su área de influencia.	1	2	3	4
El aspecto económico de la responsabilidad social empresarial del Ingenio Risaralda S.A. se evidencia en el plan social en beneficio de las comunidades.	1	2	3	4
La responsabilidad social empresarial del Ingenio Risaralda S.A., cubre aspectos sociales como prácticas laborales justas y un código de ética y buen gobierno.	1	2	3	4
La responsabilidad social empresarial del Ingenio Risaralda S.A., cubre aspectos ambientales como la protección a los recursos y a la biodiversidad.	1	2	3	4
La implementación de la responsabilidad social empresarial en el Ingenio Risaralda S.A., ha contribuido a combatir la discriminación y ha aportado a lograr la igualdad de oportunidades de todas las personas.	1	2	3	4
El Ingenio Risaralda S.A., ha contribuido a fortalecer el concepto de seguridad y salud en el trabajo al interior de la Organización y en sus grupos de interés.	1	2	3	4

Como parte interesada del Ingenio Risaralda S.A, usted opina que:	MUY ALTO	ALTO	BAJO	NULO
El grado de conocimiento y la gestión del Ingenio Risaralda S.A., para reducir el impacto ambiental que generan sus operaciones es:	1	2	3	4

Según su conocimiento sobre la gestión ambiental del Ingenio Risaralda S.A., la Organización:	SI	NO	NO SABE NO RESPONDE
Participa en forma activa en los grupos de trabajo orientados a resolver temas de interés público del área ambiental.	1	2	3
Tiene certificaciones y reconocimientos ambientales.	1	2	3
Tiene establecida una política ambiental consistente con la naturaleza y características de la Organización.	1	2	3
Hace cumplimiento a la legislación ambiental que le aplica.	1	2	3
Analiza su gestión ambiental.	1	2	3
Hace análisis de la energía generada, la energía consumida y la energía vendida	1	2	3
Tiene implementado y hace seguimiento al Programas de uso eficiente y ahorro del agua.	1	2	3
Tiene implementados programas de aprovechamiento y reciclado de residuos.	1	2	3
Tiene implementados programas de control y seguimiento a emisiones y vertimientos.	1	2	3
Tiene implementados programas de sensibilización y capacitación sobre la gestión ambiental que realiza.	1	2	3
Hace público el informe de sostenibilidad anualmente, para fortalecer las relaciones con los grupos de interés.	1	2	3
Ha leído el informe de sostenibilidad que publica el Ingenio Risaralda S.A.	1	2	3

Tiene alguna observación?:

**MUCHAS GRACIAS POR SUS RESPUESTAS!**

## ANEXO 4. RELACIÓN DE LAS VARIABLES: GRUPOS DE INTERÉS, EDAD, GÉNERO Y NIVEL DE FORMACIÓN

	DOCTORADO				TOTAL	TOTAL	MAESTRÍA				TOTAL	TOTAL	ESPECIALIZACIÓN				TOTAL	TOTAL
	F	M	TOTAL	TOTAL			F	M	TOTAL	TOTAL			F	M	TOTAL	TOTAL		
	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%
ACCIONISTA							7	2,58%	7	2,58%			4	1,48%	4	1,48%		
DE 40 A 46							1	0,37%	1	0,37%			1	0,37%	1	0,37%		
DE 47 A 53							2	0,74%	2	0,74%			1	0,37%	1	0,37%		
DE 54 A 60							3	1,11%	3	1,11%			1	0,37%	1	0,37%		
DE 61 A 67							1	0,37%	1	0,37%			1	0,37%	1	0,37%		
CLIENTES	2	0,74%			2	0,74%					1	0,37%	1	0,37%	2	0,74%		
DE 18 A 25																		
DE 26 A 32																		
DE 33 A 39	1	0,37%			1	0,37%												
DE 40 A 46	1	0,37%			1	0,37%							1	0,37%	1	0,37%	2	0,74%
DE 47 A 53																		
DE 54 A 60																		
COLABORADOR							1	0,37%	6	2,21%	7	2,58%	6	2,21%	4	1,48%	10	3,69%
DE 18 A 25									2	0,74%	2	0,74%						0,00%
DE 26 A 32									3	1,11%	3	1,11%	2	0,74%	1	0,37%	3	1,11%
DE 33 A 39							1	0,37%	1	0,37%	2	0,74%	2	0,74%	1	0,37%	3	1,11%
DE 40 A 46													1	0,37%	2	0,74%	3	1,11%
DE 47 A 53																		
DE 54 A 60																		
DE 61 A 67													1	0,37%			1	0,37%
COMUNIDAD	1	0,37%	1	0,37%	2	0,74%	3	1,11%	3	1,11%	6	2,21%	4	1,48%	3	1,11%	7	2,58%
DE 18 A 25									1	0,37%	1	0,37%	1	0,37%			1	0,37%
DE 26 A 32																		
DE 33 A 39	1	0,37%			1	0,37%												
DE 40 A 46							3	1,11%	2	0,74%	5	1,85%	2	0,74%	2	0,74%	4	1,48%
DE 47 A 53													1	0,37%	1	0,37%	2	0,74%
DE 54 A 60			1	0,37%	1	0,37%												
DE 61 A 67																		
ESTADO							1	0,37%			1	0,37%						
DE 26 A 32																		
DE 54 A 60																		
DE 61 A 67							1	0,37%			1	0,37%						
GREMIO													1	0,37%			1	0,37%
DE 18 A 25																		
DE 26 A 32													1	0,37%			1	0,37%
DE 33 A 39																		
PROVEEDOR							3	1,11%			3	1,11%	7	2,58%	2	0,74%	9	3,32%
DE 18 A 25													1	0,37%			1	0,37%
DE 26 A 32													2	0,74%			2	0,74%
DE 33 A 39													2	0,74%			2	0,74%
DE 40 A 46							1	0,37%			1	0,37%	2	0,74%			2	0,74%
DE 47 A 53								0,00%						2	0,74%		2	0,74%



	DOCTORADO						MAESTRÍA						ESPECIALIZACIÓN					
	F		M		TOTAL	TOTAL	F		M		TOTAL	TOTAL	F		M		TOTAL	TOTAL
	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%
DE 54 A 60										0,00%								
DE 61 A 67										0,00%								
MAYOR DE 67									2	0,74%	2	0,74%						
<b>Total general</b>	<b>3</b>	<b>1,11%</b>	<b>1</b>	<b>0,37%</b>	<b>4</b>	<b>1,48%</b>	<b>4</b>	<b>1,48%</b>	<b>20</b>	<b>7,38%</b>	<b>24</b>	<b>8,86%</b>	<b>19</b>	<b>7,01%</b>	<b>14</b>	<b>5,17%</b>	<b>33</b>	<b>12,18%</b>

	UNIVERSITARIO						TECNÓLOGO						TÉCNICO					
	F		M		TOTAL	TOTAL	F		M		TOTAL	TOTAL	F		M		TOTAL	TOTAL
	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%
<b>ACCIONISTA</b>			<b>7</b>	<b>2,58%</b>	<b>7</b>	<b>2,58%</b>												
DE 40 A 46						0,00%												
DE 47 A 53			3	1,11%	3	1,11%												
DE 54 A 60			4	1,48%	4	1,48%												
DE 61 A 67																		
<b>CLIENTES</b>	<b>4</b>	<b>1,48%</b>	<b>2</b>	<b>0,74%</b>	<b>6</b>	<b>2,21%</b>	<b>1</b>	<b>0,37%</b>			<b>1</b>	<b>0,37%</b>			<b>1</b>	<b>0,37%</b>	<b>1</b>	<b>0,37%</b>
DE 18 A 25	1	0,37%			1	0,37%									1	0,37%	1	0,37%
DE 26 A 32	1	0,37%			1	0,37%												
DE 33 A 39	2	0,74%	2	0,74%	4	1,48%												
DE 40 A 46																		
DE 47 A 53																		
DE 54 A 60							1	0,37%			1	0,37%						
<b>COLABORADOR</b>	<b>19</b>	<b>7,01%</b>	<b>22</b>	<b>8,12%</b>	<b>41</b>	<b>15,13%</b>	<b>4</b>	<b>1,48%</b>	<b>15</b>	<b>5,54%</b>	<b>19</b>	<b>7,01%</b>	<b>8</b>	<b>2,95%</b>	<b>12</b>	<b>4,43%</b>	<b>20</b>	<b>7,38%</b>
DE 18 A 25	6	2,21%	5	1,85%	11	4,06%	1	0,37%	4	1,48%	5	1,85%	5	1,85%	5	1,85%	10	3,69%
DE 26 A 32	9	3,32%	9	3,32%	18	6,64%	2	0,74%	4	1,48%	6	2,21%	1	0,37%	2	0,74%	3	1,11%
DE 33 A 39	1	0,37%	3	1,11%	4	1,48%									1	0,37%	1	0,37%
DE 40 A 46	2	0,74%	3	1,11%	5	1,85%			4	1,48%	4	1,48%			1	0,37%	1	0,37%
DE 47 A 53			1	0,37%	1	0,37%	1	0,37%	1	0,37%	2	0,74%	1	0,37%	3	1,11%	4	1,48%
DE 54 A 60	1	0,37%			1	0,37%			2	0,74%	2	0,74%	1	0,37%			1	0,37%
DE 61 A 67			1	0,37%	1	0,37%												
<b>COMUNIDAD</b>	<b>5</b>	<b>1,85%</b>	<b>4</b>	<b>1,48%</b>	<b>9</b>	<b>3,32%</b>	<b>4</b>	<b>1,48%</b>	<b>4</b>	<b>1,48%</b>	<b>8</b>	<b>2,95%</b>	<b>3</b>	<b>1,11%</b>	<b>5</b>	<b>1,85%</b>	<b>8</b>	<b>2,95%</b>
DE 18 A 25	1	0,37%	1	0,37%	2	0,74%	3	1,11%			3	1,11%	1	0,37%	1	0,37%	2	0,74%
DE 26 A 32	1	0,37%			1	0,37%			1	0,37%	1	0,37%	1	0,37%	2	0,74%	3	1,11%
DE 33 A 39	2	0,74%	1	0,37%	3	1,11%			1	0,37%	1	0,37%			1	0,37%	1	0,37%
DE 40 A 46	1	0,37%			1	0,37%			2	0,74%	2	0,74%	1	0,37%			1	0,37%
DE 47 A 53			1	0,37%	1	0,37%												
DE 54 A 60															1	0,37%	1	0,37%
DE 61 A 67			1	0,37%	1	0,37%												
NO SABE/NO RESPONDE							1	0,37%			1	0,37%						
<b>ESTADO</b>			<b>1</b>	<b>0,37%</b>	<b>1</b>	<b>0,37%</b>												
DE 26 A 32																		
DE 54 A 60			1	0,37%	1	0,37%												
DE 61 A 67																		
<b>GREMIO</b>			<b>1</b>	<b>0,37%</b>	<b>1</b>	<b>0,37%</b>	<b>1</b>	<b>0,37%</b>			<b>1</b>	<b>0,37%</b>						

UNIVERSITARIO							TECNÓLOGO						TÉCNICO					
F		M		TOTAL		TOTAL	F		M		TOTAL	TOTAL	F		M		TOTAL	TOTAL
N°	%	N°	%	N°	%		N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%
DE 18 A 25		1	0,37%	1	0,37%													
DE 26 A 32																		
DE 33 A 39							1	0,37%			1	0,37%						
<b>PROVEEDOR</b>	<b>13</b>	<b>4,80%</b>	<b>7</b>	<b>2,58%</b>	<b>20</b>	<b>7,38%</b>	<b>10</b>	<b>3,69%</b>	<b>5</b>	<b>1,85%</b>	<b>15</b>	<b>5,54%</b>	<b>4</b>	<b>1,48%</b>	<b>5</b>	<b>1,85%</b>	<b>9</b>	<b>3,32%</b>
DE 18 A 25	3	1,11%	2	0,74%	5	1,85%	2	0,74%	1	0,37%	3	1,11%	2	0,74%	1	0,37%	3	1,11%
DE 26 A 32	3	1,11%	1	0,37%	4	1,48%	5	1,85%	1	0,37%	6	2,21%						
DE 33 A 39	2	0,74%	1	0,37%	3	1,11%							1	0,37%			1	0,37%
DE 40 A 46	4	1,48%	1	0,37%	5	1,85%	2	0,74%	2	0,74%	4	1,48%	1	0,37%			1	0,37%
DE 47 A 53	1	0,37%	2	0,74%	3	1,11%	1	0,37%	1	0,37%	2	0,74%			2	0,74%	2	0,74%
DE 54 A 60																		
DE 61 A 67															1	0,37%	1	0,37%
MAYOR DE 67															1	0,37%	1	0,37%
<b>Total general</b>	<b>41</b>	<b>15,13%</b>	<b>44</b>	<b>16,24%</b>	<b>85</b>	<b>31,37%</b>	<b>20</b>	<b>7,38%</b>	<b>24</b>	<b>8,86%</b>	<b>44</b>	<b>16,24%</b>	<b>15</b>	<b>5,54%</b>	<b>23</b>	<b>8,49%</b>	<b>38</b>	<b>14,02%</b>

SECUNDARIA						PRIMARIA				NO SABE/NO RESPONDE				TOTAL GENERAL	
F		M		TOTAL	TOTAL	M		TOTAL	TOTAL	M		TOTAL	TOTAL	GENERAL	GENERAL
N°	%	N°	%	N°		N°	%	N°	%	N°	%	N°	%		
<b>ACCIONISTA</b>														<b>18</b>	<b>6,64%</b>
DE 40 A 46														2	0,74%
DE 47 A 53														6	2,21%
DE 54 A 60														8	2,95%
DE 61 A 67														2	0,74%
<b>CLIENTES</b>	<b>1</b>	<b>0,37%</b>	<b>5</b>	<b>1,85%</b>	<b>6</b>	<b>2,21%</b>								<b>18</b>	<b>6,64%</b>
DE 18 A 25	1	0,37%			1	0,37%								3	1,11%
DE 26 A 32			1	0,37%	1	0,37%								2	0,74%
DE 33 A 39			2	0,74%	2	0,74%								7	2,58%
DE 40 A 46														3	1,11%
DE 47 A 53			1	0,37%	1	0,37%								1	0,37%
DE 54 A 60			1	0,37%	1	0,37%								2	0,74%
<b>COLABORADOR</b>	<b>2</b>	<b>0,74%</b>	<b>15</b>	<b>5,54%</b>	<b>17</b>	<b>6,27%</b>	<b>2</b>	<b>0,74%</b>	<b>2</b>	<b>0,74%</b>				<b>116</b>	<b>42,80%</b>
DE 18 A 25			6	2,21%	6	2,21%								34	12,55%
DE 26 A 32	1	0,37%	3	1,11%	4	1,48%								37	13,65%
DE 33 A 39	1	0,37%	2	0,74%	3	1,11%	1	0,37%	1	0,37%				14	5,17%
DE 40 A 46							1	0,37%	1	0,37%				14	5,17%
DE 47 A 53														7	2,58%
DE 54 A 60			4	1,48%	4	1,48%								9	3,32%
DE 61 A 67														1	0,37%
<b>COMUNIDAD</b>	<b>1</b>	<b>0,37%</b>	<b>8</b>	<b>2,95%</b>	<b>9</b>	<b>3,32%</b>	<b>1</b>	<b>0,37%</b>	<b>1</b>	<b>0,37%</b>				<b>50</b>	<b>18,45%</b>
DE 18 A 25			4	1,48%	4	1,48%	1	0,37%	1	0,37%				12	4,43%
DE 26 A 32	1	0,37%	2	0,74%	3	1,11%								10	3,69%
DE 33 A 39			1	0,37%	1	0,37%								7	2,58%
DE 40 A 46			1	0,37%	1	0,37%								14	5,17%
DE 47 A 53														3	1,11%

	SECUNDARIA						PRIMARIA				NO SABE/NO RESPONDE				TOTAL GENERAL	TOTAL GENERAL
	F		M		TOTAL	TOTAL	M		TOTAL	TOTAL	M		TOTAL	TOTAL	N°	%
	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%		
DE 54 A 60															2	0,74%
DE 61 A 67															1	0,37%
<b>ESTADO</b>			<b>1</b>	<b>0,37%</b>	<b>1</b>	<b>0,37%</b>									<b>3</b>	<b>1,11%</b>
DE 26 A 32			1	0,37%	1	0,37%									1	0,37%
DE 54 A 60															1	0,37%
DE 61 A 67															1	0,37%
<b>GREMIO</b>															<b>3</b>	<b>1,11%</b>
DE 18 A 25															1	0,37%
DE 26 A 32															1	0,37%
DE 33 A 39															1	0,37%
<b>PROVEEDOR</b>	<b>2</b>	<b>0,74%</b>	<b>3</b>	<b>1,11%</b>	<b>5</b>	<b>1,85%</b>	<b>1</b>	<b>0,37%</b>	<b>1</b>	<b>0,37%</b>	<b>1</b>	<b>0,37%</b>	<b>1</b>	<b>0,37%</b>	<b>63</b>	<b>23,25%</b>
DE 18 A 25															12	4,43%
DE 26 A 32	1	0,37%			1	0,37%									13	4,80%
DE 33 A 39			1	0,37%	1	0,37%					1	0,37%	1	0,37%	8	2,95%
DE 40 A 46			1	0,37%	1	0,37%									14	5,17%
DE 47 A 53	1	0,37%			1	0,37%									10	3,69%
DE 54 A 60							1	0,37%	1	0,37%					1	0,37%
DE 61 A 67			1	0,37%	1	0,37%									2	0,74%
MAYOR DE 67															3	1,11%
<b>Total general</b>	<b>6</b>	<b>2,21%</b>	<b>32</b>	<b>11,81%</b>	<b>38</b>	<b>14,02%</b>	<b>4</b>	<b>1,48%</b>	<b>4</b>	<b>1,48%</b>	<b>1</b>	<b>0,37%</b>	<b>1</b>	<b>0,37%</b>	<b>271</b>	<b>100,00%</b>

## ANEXO 5. INVENTARIO DEL CICLO DE VIDA DEL INGENIO DEL ESTUDIO DE CASO, PARA LA PRODUCCIÓN DE ETANOL DE LA CAÑA DE AZÚCAR., AÑO 2015

CAMPO					
MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	CONJUNTO DE DATOS	BASE DE DATOS	OBSERVACIONES
Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos					
Campo	1	P			Impactos del cultivo en campo por tonelada de caña
Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)					
Mecanización CC	1/Rendimiento_campo	ha		Creado	Área ocupada por 1 t de caña
Fertilización y Nutrición	1/Rendimiento_campo	ha		Creado	
Control de Malezas	1/Rendimiento_campo	ha		Creado	
Riego	1/Rendimiento_campo	ha		Creado	
Maduración	1/Rendimiento_campo	ha		Creado	
Emisiones del Suelo - IPCC	1/Rendimiento_campo	ha		Creado	
Mecanización CC					
MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	CONJUNTO DE DATOS	BASE DE DATOS	OBSERVACIONES
Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos					
Mecanización CC	1	ha			
Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)					
Mecanización Plantilla CC	1	ha		Creado	
Mecanización Soca CC	1	ha		Creado	
Consumo de combustible por transporte en labores de campo	1	P		Creado	
Mecanización Plantilla CC					
MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	CONJUNTO DE DATOS	BASE DE DATOS	OBSERVACIONES
Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos					
Mecanización Plantilla CC	1	ha			Labores de mecanización por tonelada de caña
Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)					
Cinzelado Plantilla Consumo	1	ha		Creado	Ver PARÁMETROS ACV
Descepado Plantilla Consumo	1	ha		Creado	Ver PARÁMETROS ACV
Nivelación Plantilla Consumo	1	ha		Creado	Ver PARÁMETROS ACV
Rastrillado Plantilla Consumo	1	ha		Creado	Ver PARÁMETROS ACV
Rastro Arado Plantilla Consumo	1	ha		Creado	Ver PARÁMETROS ACV
Subsolado Plantilla Consumo	1	ha		Creado	Ver PARÁMETROS ACV
Surcado Plantilla Consumo	1	ha		Creado	Ver PARÁMETROS ACV
MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	CONJUNTO DE DATOS	BASE DE DATOS	OBSERVACIONES
Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos					
Cinzelado Plantilla Consumo	1	ha			Ver PARÁMETROS ACV

<b>Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)</b>					
Operación Tractor	Consumo_diesel_haCos*densidad_diesel	kg	Operación Tractor	creado	(1,4,1,1,1,na)
<b>MATERIALES</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CONJUNTO DE DATOS</b>	<b>BASE DE DATOS</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
<b>Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos</b>					
Descepado Plantilla Consumo	1	ha			Ver PARÁMETROS ACV
<b>Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)</b>					
Operación Tractor	Consumo_diesel_haCos*densidad_diesel	kg	Operación Tractor	creado	(1,4,1,1,1,na)
<b>MATERIALES</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CONJUNTO DE DATOS</b>	<b>BASE DE DATOS</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
<b>Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos</b>					
Nivelación Plantilla Consumo	1	ha			Ver PARÁMETROS ACV
<b>Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)</b>					
Operación Tractor	Consumo_diesel_haCos*densidad_diesel	kg	Operación Tractor	creado	(1,4,1,1,1,na)
<b>MATERIALES</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CONJUNTO DE DATOS</b>	<b>BASE DE DATOS</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
<b>Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos</b>					
Rastrillado Plantilla Consumo	1	ha			Ver PARÁMETROS ACV
<b>Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)</b>					
Operación Tractor	Consumo_diesel_haCos*densidad_diesel	kg	Operación Tractor	creado	(1,4,1,1,1,na)
<b>MATERIALES</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CONJUNTO DE DATOS</b>	<b>BASE DE DATOS</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
<b>Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos</b>					
Rastro Arado Plantilla Consumo	1	ha			Ver PARÁMETROS ACV
<b>Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)</b>					
Operación Tractor	Consumo_diesel_haCos*densidad_diesel	kg	Operación Tractor	creado	(1,4,1,1,1,na)
<b>MATERIALES</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CONJUNTO DE DATOS</b>	<b>BASE DE DATOS</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
<b>Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos</b>					
Subsolado Plantilla Consumo	1	ha			Ver PARÁMETROS ACV
<b>Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)</b>					
Operación Tractor	Consumo_diesel_haCos*densidad_diesel	kg	Operación Tractor	creado	(1,4,1,1,1,na)
<b>MATERIALES</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CONJUNTO DE DATOS</b>	<b>BASE DE DATOS</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
<b>Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos</b>					
Surcado Plantilla Consumo	1	ha			Ver PARÁMETROS ACV
<b>Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)</b>					

Operación Tractor	Consumo_diesel_haCos*densidad_diesel	kg	Operación Tractor	creado	(1,4,1,1,1,na)
-------------------	--------------------------------------	----	-------------------	--------	----------------

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	CONJUNTO DE DATOS	BASE DE DATOS	OBSERVACIONES
<b>Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos</b>					
Operación Tractor	4,4400	kg		Creado	Se calculan las emisiones por la operación de un tractor Diesel de los equipos. La función Original era Transport, tractor and trailer/CH U
<b>Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)</b>					
Diesel, at regional storage/CH U	4,4400	kg	Diesel, at regional storage/CH U	Ecoinvent unit processes	(1,4,1,1,1,na)
<b>EMISIONES AL AIRE</b>					
NMVOC, non-methane volatile organic compounds, unspecified origin	0,0114	kg	NMVOC, non-methane volatile organic compounds, unspecified origin		(1,4,1,1,1,na)
Nitrogen oxides	0,198	kg	Nitrogen oxides		(1,4,1,1,1,na)
Carbon monoxide, fossil	0,0264	kg	Carbon monoxide, fossil		(1,4,1,1,1,na)
Carbon dioxide, fossil	13,8	kg	Carbon dioxide, fossil		(1,2,1,1,3,na)
Sulfur dioxide	0,00447	kg	Sulfur dioxide		(1,2,1,1,3,na)
Methane, fossil	0,000572	kg	Methane, fossil		(1,2,1,1,3,na)
Benzene	0,0000324	kg	Benzene		(1,2,1,1,3,na)
Particulates, < 2.5 um	0,0209	kg	Particulates, < 2.5 um		(1,2,1,1,3,na)
Cadmium	0,000000044	kg	Cadmium		(1,2,1,1,3,na)
Chromium	0,000000222	kg	Chromium		(1,2,1,1,3,na)
Copper	0,00000754	kg	Copper		(1,2,1,1,3,na)
Dinitrogen monoxide	0,000532	kg	Dinitrogen monoxide		(1,2,1,1,3,na)
Nickel	0,00000031	kg	Nickel		(1,2,1,1,3,na)
Zinc	0,00000444	kg	Zinc		(1,2,1,1,3,na)
Benzo(a)pyrene	0,000000133	kg	Benzo(a)pyrene		(1,2,1,1,3,na)
PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons	0,0000146	kg	PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons		(1,2,1,1,3,na)
Heat, waste	201	MJ	Heat, waste		(1,4,1,1,1,na)
Ammonia	0,0000887	kg	Ammonia		(1,2,1,1,3,na)
Selenium	0,000000044	kg	Selenium		(1,2,1,1,3,na)
<b>EMISIONES AL SUELO</b>					
Zinc	0,000523	kg	Zinc		(1,4,1,1,1,na)

Lead	0,000000863	kg	Lead	(1,4,1,1,1,na)
Cadmium	0,000000197	kg	Cadmium	(1,4,1,1,1,na)

#### Mecanización Soca CC

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	CONJUNTO DE DATOS	BASE DE DATOS	OBSERVACIONES
<b>Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos</b>					
Mecanización Soca CC	1	ha			Labores de mecanización por tonelada de caña
<b>Entradas conocidas desde la tecnósfera</b>					
Encalle Soca Consumo	1	ha		Creado	Ver PARÁMETROS ACV
Subsolado Soca Consumo	1	ha		Creado	Ver PARÁMETROS ACV
Aporque Soca Consumo	1	ha		Creado	Ver PARÁMETROS ACV
Fertilización Soca Consumo	1	ha		Creado	Ver PARÁMETROS ACV

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	CONJUNTO DE DATOS	BASE DE DATOS	OBSERVACIONES
<b>Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos</b>					
Encalle Soca Consumo	1	ha			Ver PARÁMETROS ACV
<b>Entradas conocidas desde la tecnósfera</b>					
Operación Tractor	Consumo_diesel_haCos*densidad_diesel	kg	Operación Tractor	creado	

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	CONJUNTO DE DATOS	BASE DE DATOS	OBSERVACIONES
<b>Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos</b>					
Subsolado Soca Consumo	1	ha			Ver PARÁMETROS ACV
<b>Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)</b>					
Operación Tractor	Consumo_diesel_haCos*densidad_diesel	kg	Operación Tractor	creado	

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	CONJUNTO DE DATOS	BASE DE DATOS	OBSERVACIONES
<b>Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos</b>					
Aporque Soca Consumo	1	ha			Ver PARÁMETROS ACV
<b>Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)</b>					
Operación Tractor	Consumo_diesel_haCos*densidad_diesel	kg	Operación Tractor	creado	

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	CONJUNTO DE DATOS	BASE DE DATOS	OBSERVACIONES
<b>Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos</b>					
Fertilización Soca Consumo	1	ha			Ver PARÁMETROS ACV
<b>Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)</b>					
Operación Tractor	Consumo_diesel_haCos*densidad_diesel	kg	Operación Tractor	creado	

#### Consumo de combustible por transporte en labores de campo

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	CONJUNTO DE DATOS	BASE DE DATOS	OBSERVACIONES
<b>Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos</b>					
Consumo de combustible por transporte en labores de campo	1	p			
<b>Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)</b>					
Operación Tractor	Consumo_comb_ha*densidad_diesel	kg		Creado	Incluye transporte de equipos, personal y otros

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	CONJUNTO DE DATOS	BASE DE DATOS	OBSERVACIONES
<b>Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos</b>					
Operación Tractor	4,4400	kg		Creado	Función creada para especificar el consumo de combustible de cada operación.
<b>Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)</b>					
Diesel, at regional storage/CH U	4,4400	kg	Diesel, at regional storage/CH U	Ecoinvent unit processes	(1,4,1,1,1,na)
<b>EMISIONES AL AIRE</b>					
NMVOC, non-methane volatile organic compounds, unspecified origin	0,0114	kg	NMVOC, non-methane volatile organic compounds, unspecified origin		(1,4,1,1,1,na)
Nitrogen oxides	0,198	kg	Nitrogen oxides		(1,4,1,1,1,na)
Carbon monoxide, fossil	0,0264	kg	Carbon monoxide, fossil		(1,4,1,1,1,na)
Carbon dioxide, fossil	13,8	kg	Carbon dioxide, fossil		(1,2,1,1,3,na)
Sulfur dioxide	0,00447	kg	Sulfur dioxide		(1,2,1,1,3,na)
Methane, fossil	0,000572	kg	Methane, fossil		(1,2,1,1,3,na)
Benzene	0,0000324	kg	Benzene		(1,2,1,1,3,na)
Particulates, < 2.5 um	0,0209	kg	Particulates, < 2.5 um		(1,2,1,1,3,na)
Cadmium	0,000000044	kg	Cadmium		(1,2,1,1,3,na)
Chromium	0,000000222	kg	Chromium		(1,2,1,1,3,na)
Copper	0,00000754	kg	Copper		(1,2,1,1,3,na)
Dinitrogen monoxide	0,000532	kg	Dinitrogen monoxide		(1,2,1,1,3,na)
Nickel	0,00000031	kg	Nickel		(1,2,1,1,3,na)
Zinc	0,00000444	kg	Zinc		(1,2,1,1,3,na)
Benzo(a)pyrene	0,000000133	kg	Benzo(a)pyrene		(1,2,1,1,3,na)
PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons	0,0000146	kg	PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons		(1,2,1,1,3,na)
Heat, waste	201	MJ	Heat, waste		(1,4,1,1,1,na)



Ammonia	0,0000887	kg	Ammonia	(1,2,1,1,3,na)
Selenium	0,000000044	kg	Selenium	(1,2,1,1,3,na)
<b>EMISIONES AL SUELO</b>				
Zinc	0,000523	kg	Zinc	(1,4,1,1,1,na)
Lead	0,000000863	kg	Lead	(1,4,1,1,1,na)
Cadmium	0,000000197	kg	Cadmium	(1,4,1,1,1,na)

<b>Fertilización y Nutrición</b>					
<b>MATERIALES</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CONJUNTO DE DATOS</b>	<b>BASE DE DATOS</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
<b>Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos</b>					
Fertilización y Nutrición	1	ha			Insumos utilizados por hectárea de caña cosechadas. No está incluido el transporte de los insumos al ingenio, falta km PARÁMETROS ACV
<b>Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)</b>					
BORO LIQUIDO+MEZCLA CON BORO	0	kg	Borax, anhydrous, powder, at plant/RER S	Ecoinvent system processes	FertilizanteLíquidoUAM kgN/haCosecha
CARBONATO DE CALCIO (CAL AGRICOLA)	2,36	kg	Lime fertilizer, at plant/RER Mass	Agri-footprint - mass allocation	(1,1,1,1,1,na)
CLORURO POTASIO KCL,(POTASIO SOLUBLE	0,274	kg	Potassium chloride (NPK 0-0-60), at regional storehouse/RER Mass	Agri-footprint - mass allocation	(1,1,1,1,1,na)
DAP	0,0252	kg	Fosfato Diamoniac - DAP, at regional storehouse/RER U	creado	(1,1,1,1,1,na)
Kompostar	519,25	kg	Kompostar	creado	(1,1,1,1,1,na)
LIGNO-K	0,043	kg	Fertiliser (K)	LCA Food DK	(1,1,1,1,1,na)
MEZCLA ALTO FOSFORICO ALTO POTASIO	0,4114	kg	PK compound (NPK 0-22-22), at plant/RER Mass	Agri-footprint - mass allocation	(1,1,1,1,1,na)
SULFATO DE CALCIO SECO TIPO 1	0,1768	kg	Ammonium sulphate, as 100% (NH4)2SO4 (NPK 21-0-0), at regional	Agri-footprint - mass allocation	(1,1,1,1,1,na)

			storehouse/RER Mass		
MEZCLA RISARALDA (NPK 15-15-15)+MEZCLA ZONA RISARALDA (NPK 15-15-15)+MEZCLA GUAYACAN (NPK 15-15-15)	50,087	kg	NPK compound (NPK 15-15-15), at plant/RER Mass	Agri-footprint - mass allocation	(1,1,1,1,1,na)
NUTRI HUMIC 50 KG PROY SOCA+NUTRI-HUMIC 50 KILOS BLANCO+NUTRI-HUMIC GRANEL	358,21	kg	NutriHumic	creado	(1,1,1,1,1,na)
SOLUCIÓN UAN	39,499	kg	Ammonium nitrate, as 100% (NH4)(NO3) (NPK 35-0-0), at regional storehouse/RER Mass	Agri-footprint - mass allocation	(1,1,1,1,1,na)
UREA AL 46% (NITROGENO TOTAL 45% MINIMO)	5,453*N_urea	kg	Urea, as N, at regional storehouse/RER U	Ecoinvent unit processes	
MEZCLA GUAYACAN ALTO POTASIO	132,43	kg	Potassium chloride (NPK 0-0-60), at regional storehouse/RER Mass	Agri-footprint - mass allocation	(1,1,1,1,1,na)
SULFATO DE CALCIO SECO TIPO 1	0,1768	kg	Yeso Seco CaSO4	creado	(1,1,1,1,1,na)
SULFATO DE HIERRO	0,04324	kg	Chemicals inorganic, at plant/GLO U	Ecoinvent unit processes	(1,1,1,1,1,na)

Control de Malezas					
MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	CONJUNTO DE DATOS	BASE DE DATOS	OBSERVACIONES
Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos					
Control de Malezas	1	ha			PARÁMETROS ACV
Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)					
Acido 2-4D. Amina	1,1614	kg	2,4-D, at regional storehouse/RER U	Ecoinvent unit processes	(1,1,1,1,1,na) Amina
Glifosato	0,7291	kg	Glyphosate, at regional storehouse/RER U	Ecoinvent unit processes	(1,1,1,1,1,na)
Terbutrina+Ametrina	Triazinas	kg	Triazine-compounds, at regional	Ecoinvent unit processes	

			storehouse/RER U		
Diuron	1,2	kg	Diuron, at regional storehouse/RER U	Ecoinvent unit processes	(1,1,1,1,1,na)
Mesotrirona+Inex "pegante"+Mejorador de Aguas Cosmoaguas (Picloran+ Mesotrion+Hexaxiona+Amicarbazona)	0,496	kg	Herbicides, at regional storehouse/RER U	Ecoinvent unit processes	(1,1,1,1,1,na) Picloran

Riego					
MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	CONJUNTO DE DATOS	BASE DE DATOS	OBSERVACIONES
Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos					
Riego	1	ha			Todo sobre haCosechadas PARÁMETROS ACV
Entradas conocidas desde la naturaleza (recursos)					
Agua para riego	0,538	m³	Water, unspecified natural origin, CO		(1,1,1,1,1,na) m³/haCosechada
Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)					
Diesel	kg_dieselRiego	kg	Diesel, at regional storage/RER U	Ecoinvent unit processes	
Entradas conocidas desde la tecnósfera (electricidad/calor)					
Electricidad, FECOC 2015	Consumo_energia	kWh		creado	

Maduración					
MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	CONJUNTO DE DATOS	BASE DE DATOS	OBSERVACIONES
Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos					
Maduración	1	ha			PARÁMETROS ACV
Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)					
Aeroplano (Adaptado consumo de gasolina)	0,1552	kg		Creado	(1,1,1,1,1,na)
Glifosato	0,2534	kg	Glyphosate, at regional storehouse/RER U	Ecoinvent unit processes	(1,1,1,1,1,na)
Fusilade+Bonus (Moddus®)	0,5433	kg	Herbicides, at regional storehouse/RER U	Ecoinvent unit processes	(1,1,1,1,1,na)

Aeroplano (Adaptado consumo de gasolina)

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	CONJUNTO DE DATOS	BASE DE DATOS	OBSERVACIONES
Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos					

Aeroplano (Adaptado consumo de gasolina)	0,053636	kg			Función Original - Operation, passenger car, petrol, EURO5/CH U
<b>Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)</b>					
Petrol, low-sulphur, at regional storage/CH U	0,053636	kg	Petrol, low-sulphur, at regional storage/CH U	Ecoinvent unit processes	(2,1,1,1,1,1); own calculations, based on NEDC
<b>EMISIONES AL AIRE</b>					
Carbon dioxide, fossil	$(0,16911/\text{factor}) * (\text{factor} + L3 * (1 - \text{factor}))$	kg			(2,1,1,1,1,1); own calculations, based on fuel consumption
Sulfur dioxide	0,0000053636000	kg			(3,3,1,1,1,1); own calculations, based on fuel consumption
Carbon monoxide, fossil	0,0007553800000	kg			(2,3,1,1,1,2); same value as for Euro4 car
Nitrogen oxides	0,0000356360000	kg			(2,3,1,1,1,2); target value of Euro5 proposal
Particulates, > 10 um	0,0000780760000	kg			(3,3,3,1,1,2); includes exhaust-emissions and abrasions
Particulates, > 2.5 um, and < 10um	0,0000135480000	kg			(3,3,3,1,1,2); includes exhaust-emissions and abrasions
Particulates, < 2.5 um	0,0000084800000	kg			(3,3,3,1,1,2); includes exhaust-emissions and abrasions
NMVOC, non-methane volatile organic compounds, unspecified origin	0,0000932910000	kg			(2,3,1,1,1,2); derived from HC Euro5 target value; split available from HBEFA. Quantity includes evaporation.
Methane, fossil	$(0,0000055016/\text{factor}) * (\text{factor} + L3 * (1 - \text{factor}))$	kg			(2,3,1,1,1,2); derived from HC Euro5 target value; split available from HBEFA. Quantity includes evaporation.
Benzene	0,0000088915000	kg			(2,3,1,1,1,2); derived from HC Euro5 target value; split available from HBEFA. Quantity includes evaporation.
Toluene	0,0000076810000	kg			(2,3,1,1,1,2); derived from HC Euro5 target value; split available from HBEFA. Quantity includes evaporation.
Xylene	0,0000076810000	kg			(2,3,1,1,1,2); derived from HC Euro5 target value; split

					available from HBEFA. Quantity includes evaporation.
PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons	0,000000004000	kg			(2,3,1,1,1,2); rough estimate, derived from corinair
Dinitrogen monoxide	$(0,0000013297/\text{factor}) * (\text{factor} + L3 * (1 - \text{factor}))$	kg			(2,3,1,1,1,4); literature data
Ammonia	0,0000230670000	kg			(2,3,1,1,1,4); literature data
Cadmium	0,0000000012654	kg			(4,5,5,1,1,5); abrasion of tyres and trace elements in fuel
Copper	0,0000001021200	kg			(4,5,5,1,1,5); abrasion of tyres and trace elements in fuel
Chromium	0,0000000092374	kg			(4,5,5,1,1,5); abrasion of tyres and trace elements in fuel
Nickel	0,0000000095865	kg			(4,5,5,1,1,5); abrasion of tyres and trace elements in fuel
Selenium	0,0000000005364	kg			(4,5,5,1,1,5); abrasion of tyres and trace elements in fuel
Zinc	0,0000006390200	kg			(4,5,5,1,1,5); abrasion of tyres and trace elements in fuel
Lead	0,0000000036450	kg			(4,5,5,1,1,5); abrasion of tyres and trace elements in fuel
Mercury	0,0000000000038	kg			(4,5,5,1,1,5); abrasion of tyres and trace elements in fuel
Chromium VI	0,0000000000054	kg			(4,5,5,1,1,5); own calculation
Heat, waste	2,4190000000000	MJ			(2,1,1,1,1,5); own calculation; based on HHV.
<b>EMISIONES AL AGUA</b>					
Lead	0,0000000039300	kg			(5,5,5,1,1,5); abrasion of tyres, quantity derived from tyre composition
Cadmium	0,0000000000955	kg			(5,5,5,1,1,5); abrasion of tyres, quantity derived from tyre composition
Copper	0,0000000063900	kg			(5,5,5,1,1,5); abrasion of tyres, quantity derived from tyre composition
Chromium	0,0000000004550	kg			(5,5,5,1,1,5); abrasion of tyres, quantity derived from tyre composition
Nickel	0,0000000012300	kg			(5,5,5,1,1,5); abrasion of tyres, quantity derived from tyre composition
Zinc	0,0000002700000	kg			(5,5,5,1,1,5); abrasion of tyres, quantity derived from tyre composition
<b>EMISIONES AL SUELO</b>					
Lead	0,0000000039300	kg			(5,5,5,1,1,5); abrasion of tyres, quantity derived from tyre composition

Cadmium	0,0000000000955	kg			(5,5,5,1,1,5); abrasion of tyres, quantity derived from tyre composition
Copper	0,0000000063900	kg			(5,5,5,1,1,5); abrasion of tyres, quantity derived from tyre composition
Chromium	0,0000000004550	kg			(5,5,5,1,1,5); abrasion of tyres, quantity derived from tyre composition
Nickel	0,0000000012300	kg			(5,5,5,1,1,5); abrasion of tyres, quantity derived from tyre composition
Zinc	0,0000002700000	kg			(5,5,5,1,1,5); abrasion of tyres, quantity derived from tyre composition

Emisiones del Suelo - IPCC					
MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	CONJUNTO DE DATOS	BASE DE DATOS	OBSERVACIONES
Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos					
Emisiones del Suelo - IPCC	1	ha		creada	Incluye las emisiones de N <sub>2</sub> O del suelo debido a la aplicación de N PARÁMETROS ACV
EMISIONES AL AIRE					
Dinitrogen monoxide	N <sub>total</sub> *N <sub>2</sub> O_N*44/28				Incluye todos los fertilizantes con N
Carbon dioxide	0				Emisiones de CO <sub>2</sub> por la aplicación de Urea, el IPCC recomienda contabilizarlas porque la durante la producción de Urea se contabiliza el consumo de CO <sub>2</sub> , pero en este caso, los impactos de la base de datos de Ecoinvent indican que este consumo no se contabiliza, y por tanto no es necesario incluir estas emisiones en esta sección.

COSECHA					
MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	CONJUNTO DE DATOS	BASE DE DATOS	OBSERVACIONES
Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos					
Cosecha	1	p			
Entradas conocidas desde la tecnósfera					
Cosecha manual	1	t			
Cosecha mecánica	1	t			

Transporte de caña	1	p			
Operación Tractores de Cosecha	1	p			

Cosecha manual					
MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	CONJUNTO DE DATOS	BASE DE DATOS	OBSERVACIONES
Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos					
Cosecha manual	rendimiento_campo	t			Cosecha manual, impacto por tCaña
Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)					
Quema de caña de azúcar	quema_manual*cosecha_manual*rendimiento_campo	t		creado	
Alzadora (Consumo Diesel)	Consumo_Alzadora*densidad_diesel	kg		creado	Consumo Diesel de alzadoras, hay una alta similitud entre un tractor y una alzadora

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	CONJUNTO DE DATOS	BASE DE DATOS	OBSERVACIONES
Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos					
Quema de caña de azúcar	1	t			Se deben especificar las emisiones por cada tonelada de caña que se quema en campo PARÁMETROS ACV
EMISIONES AL AIRE					
Carbon monoxide, biogenic	CO_quema*RAC_quemado	kg			Según Cue
Dinitrogen monoxide	N2O_quema*RAC_quemado	kg			Cálculo IPCC según Figueiredo CAS 10024-97-2
Methane, biogenic	CH4_quema*RAC_quemado	kg			Según Cue, pte modificar y pte definir que tipo de metano.
Nitrogen oxides	NOx_quema*RAC_quemado	kg			Según Cue
Particulates	MP_quema*RAC_quemado	kg			ASOCAÑA Según Cue, pte ubicar página

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	CONJUNTO DE DATOS	BASE DE DATOS	OBSERVACIONES
Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos					
Alzadora (Consumo Diesel)	0,0436	kg			Se calculan las emisiones por la operación de una alzadora desde el consumo de Diesel de los equipos. La operación de una alzadora se puede asemejar a la de un tractor. La función Original era Transport, tractor and trailer/CH U
Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)					
Diesel, at regional storage/CH U	0,0436	kg		Ecoinvent unit processes	(1,4,1,1,1,na)

EMISIONES AL AIRE					
NMVOC, non-methane volatile organic compounds, unspecified origin	0,00009350000	kg			(1,4,1,1,1,na)
Nitrogen oxides	0,00170000000	kg			(1,4,1,1,1,na)
Carbon monoxide, fossil	0,00025600000	kg			(1,4,1,1,1,na)
Carbon dioxide, fossil	0,13600000000	kg			(1,2,1,1,3,na)
Sulfur dioxide	0,00004400000	kg			(1,2,1,1,3,na)
Methane, fossil	0,00000563000	kg			(1,2,1,1,3,na)
Benzene	0,00000031800	kg			(1,2,1,1,3,na)
Particulates, < 2.5 um	0,00021400000	kg			(1,2,1,1,3,na)
Cadmium	0,00000000044	kg			(1,2,1,1,3,na)
Chromium	0,00000000218	kg			(1,2,1,1,3,na)
Copper	0,00000007410	kg			(1,2,1,1,3,na)
Dinitrogen monoxide	0,00000523000	kg			(1,2,1,1,3,na)
Nickel	0,00000000305	kg			(1,2,1,1,3,na)
Zinc	0,00000004360	kg			(1,2,1,1,3,na)
Benzo(a)pyrene	0,00000000131	kg			(1,2,1,1,3,na)
PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons	0,00000014300	kg			(1,2,1,1,3,na)
Heat, waste	1,98000000000	MJ			(1,4,1,1,1,na)
Ammonia	0,00000087200	kg			(1,2,1,1,3,na)
Selenium	0,00000000044	kg			(1,2,1,1,3,na)
EMISIONES AL SUELO					
Zinc	0,0000210000000	kg			(1,4,1,1,1,na)
Lead	0,0000000343000	kg			(1,4,1,1,1,na)
Cadmium	0,0000000078000	kg			(1,4,1,1,1,na)

Cosecha mecánica					
MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	CONJUNTO DE DATOS	BASE DE DATOS	OBSERVACIONES
Salidas conocidas a la tecnósfera					
Cosecha mecánica	rendimiento_campo	t			Impactos por cada tonelada de caña cosechada.
Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)					
Quema de caña de azúcar	quema_mecanica*cosecha_mecanica*rendimiento_campo	t		creado	
harvesting, by complete harvester, beets/CH U (Adaptado a Caña) Consumo Diesel	Consumo_Cosechadora*densidad_diesel	kg		creado	Consumo de combustible de cosechadoras (gal)

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	CONJUNTO DE DATOS	BASE DE DATOS	OBSERVACIONES
Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos					
Quema de caña de azúcar	1	t			Se deben especificar las emisiones por cada tonelada de caña que se quema en campo
EMISIONES AL AIRE					
Carbon monoxide, biogenic	CO_quema*RAC_quemado	kg			Según Cue
Dinitrogen monoxide	N2O_quema*RAC_quemado	kg			Cálculo IPCC según Figueiredo CAS 10024-97-2



Methane, biogenic	CH4_quema*RAC_quemado	kg			Según Cue, pte modificar y pdte definir que tipo de metano.
Nitrogen oxides	NOx_quema*RAC_quemado	kg			Según Cue
Particulates	MP_quema*RAC_quemado	kg			ASOCAÑA Según Cue, pte ubicar página

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	CONJUNTO DE DATOS	BASE DE DATOS	OBSERVACIONES
<b>Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos</b>					
Harvesting, by complete harvester, beets/CH U (Adaptado a Caña) Consumo Diesel	103	kg			SWITZERLAND (Se cambia la entrada en lugar de 1 ha se coloca consumo de combustible)
<b>Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)</b>					
Tractor, production/CH/I U	5,89	kg		Ecoinvent unit processes	(1,4,1,1,1,na)
Agricultural machinery, general, production/CH/I U	7,39	kg		Ecoinvent unit processes	(1,4,1,1,1,na)
Diesel, at regional storage/CH U	103	kg		Ecoinvent unit processes	(1,4,1,1,1,na)
Shed/CH/I U	0,0198	m2		Ecoinvent unit processes	(1,4,1,1,1,na)
<b>EMISIONES AL AIRE</b>					
NMVOC, non-methane volatile organic compounds, unspecified origin	0,20200000000	kg			(1,4,1,1,1,na)
Nitrogen oxides	4,06000000000	kg			(1,4,1,1,1,na)
Carbon monoxide, fossil	0,86400000000	kg			(1,4,1,1,1,na)
Carbon dioxide, fossil	322,00000000000	kg			(1,2,1,1,3,na)
Sulfur dioxide	0,10400000000	kg			(1,2,1,1,3,na)
Methane, fossil	0,01330000000	kg			(1,2,1,1,3,na)
Benzene	0,00075500000	kg			(1,2,1,1,3,na)
Particulates, < 2.5 um	0,55200000000	kg			(1,2,1,1,3,na)
Cadmium	0,00000103000	kg			(1,2,1,1,3,na)
Chromium	0,00000517000	kg			(1,2,1,1,3,na)
Copper	0,00017600000	kg			(1,2,1,1,3,na)
Dinitrogen monoxide	0,01240000000	kg			(1,2,1,1,3,na)
Nickel	0,00000724000	kg			(1,2,1,1,3,na)
Zinc	0,00010300000	kg			(1,2,1,1,3,na)
Benzo(a)pyrene	0,00000310000	kg			(1,2,1,1,3,na)
PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons	0,00034000000	kg			(1,2,1,1,3,na)
Heat, waste	4700,00000000000	MJ			(1,4,1,1,1,na)
Ammonia	0,00207000000	kg			(1,2,1,1,3,na)
Selenium	0,00000103000	kg			(1,2,1,1,3,na)
<b>EMISIONES AL SUELO</b>					
Zinc	0,0082100000000	kg			(1,4,1,1,1,na)
Lead	0,0000138000000	kg			(1,4,1,1,1,na)

Cadmium	0,0000031200000	kg			(1,4,1,1,1,na)
---------	-----------------	----	--	--	----------------

Transporte de caña					
MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	CONJUNTO DE DATOS	BASE DE DATOS	OBSERVACIONES
Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos					
Transporte de caña	rendimiento_campo	p			
Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)					
Operation, lorry >28t, fleet average/CH U (Adaptado a Consumo de Diesel)	Consumo_Tractomulas*densidad_diesel	kg		creado	Tiempo de transporte de una tonelada de caña.

Operación Tractores de Cosecha					
MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	CONJUNTO DE DATOS	BASE DE DATOS	OBSERVACIONES
Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos					
Operación Tractores de Cosecha	rendimiento_campo	p			
Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)					
Tractor en Cosecha (Consumo Diesel)	Consumo_Tractores*densidad_diesel	kg			

Fábrica					
MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	CONJUNTO DE DATOS	BASE DE DATOS	OBSERVACIONES
Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos					
Fabrica	1	p			Procesos de una fábrica para moler una tonelada de caña
Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)					
Elaboración Azúcar Crudo	1	p			
Refinería Azúcar	1	p			

Elaboración Azúcar Crudo					
MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	CONJUNTO DE DATOS	BASE DE DATOS	OBSERVACIONES
Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos					
Elaboración Azúcar Crudo	1	p			
Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)					
Clarificación de Jugo	1	t			
Clarificación de Meladura	1	t			
Otros Insumos	1	p			

Clarificación de Jugo					
MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	CONJUNTO DE DATOS	BASE DE DATOS	OBSERVACIONES
Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos					
Clarificación de Jugo	1	t			Labores de mecanización por tonelada de caña
Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)					
Floculante	0,0018	kg	Floculante	creado	Floculante / tCaña

Cal viva	0,87	kg	Cal Viva	creado	Cal / t Caña
Ácido Fosfórico/tCaña	0,014	kg	Phosphoric acid, industrial grade, 85% in H2O, at plant/RER S	Ecoinvent system processes	Ácido Fosfórico/tCaña
	0,044	kg	Sulfur, at plant/kg/RNA	USLCI	
Transporte por tierra de floculante.438km	0,00377	tkm	Transport, lorry 3.5-16t, fleet average/RER S	Ecoinvent system processes	Transporte por tierra de floculante.438km
Transporte por mar de ácido fosfórico.3062km	0,00627	tkm	Container ship ocean, technology mix, 27.500 dwt pay load capacity RER S	ELCD	Transporte por mar de ácido fosfórico.3062km
Transporte de Cal desde vijes 25km	0,014150179	tkm	Transport, lorry 3.5-16t, fleet average/RER U	Ecoinvent unit processes	Transporte de Cal desde vijes 25km
Transporte por tierra de ácido fosfórico. 160 km	0,00033	tkm	Transport, lorry 3.5-16t, fleet average/RER S	Ecoinvent system processes	Transporte por tierra de ácido fosfórico. 160 km

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	CONJUNTO DE DATOS	BASE DE DATOS	OBSERVACIONES
<b>Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos</b>					
Floculante	1	kg			
<b>Entradas conocidas desde la naturaleza (recursos)</b>					
Water, fresh	0,029500	m <sup>3</sup>			Referencia: Morales-Mora et al., 2012. Environmental and eco-costs life cycle assessment of an acrylonitrile process by capacity enlargement in Mexico.
Oil, crude	2,200000	kg			Referencia: Morales-Mora et al., 2012. Environmental and eco-costs life cycle assessment of an acrylonitrile process by capacity enlargement in Mexico.
Iron	0,082300	kg			Referencia: Morales-Mora et al., 2012. Environmental and eco-costs life cycle assessment of an acrylonitrile process by capacity enlargement in Mexico.
<b>EMISIONES AL AIRE</b>					
Carbon dioxide	3,4200000	kg			Referencia: Morales-Mora et al., 2012. Environmental and

					eco-costs life cycle assessment of an acrylonitrile process by capacity enlargement in Mexico.
Methane, trichlorofluoro-, CFC-11	0,0000002	kg			Referencia: Morales-Mora et al., 2012. Environmental and eco-costs life cycle assessment of an acrylonitrile process by capacity enlargement in Mexico.
NMVOC, non-methane volatile organic compounds, unspecified origin	0,0055400	kg			Referencia: Morales-Mora et al., 2012. Environmental and eco-costs life cycle assessment of an acrylonitrile process by capacity enlargement in Mexico.
Uranium-235	0,6240000	kBq			Referencia: Morales-Mora et al., 2012. Environmental and eco-costs life cycle assessment of an acrylonitrile process by capacity enlargement in Mexico.
Particulates, < 10 um	0,0012100	kg			Referencia: Morales-Mora et al., 2012. Environmental and eco-costs life cycle assessment of an acrylonitrile process by capacity enlargement in Mexico.
<b>EMISIONES AL AGUA</b>					
Phosphorus	-0,0000078	kg			Referencia: Morales-Mora et al., 2012. Environmental and eco-costs life cycle assessment of an acrylonitrile process by capacity enlargement in Mexico.
Nitrogen	0,0020300000000	kg			Referencia: Morales-Mora et al., 2012. Environmental and eco-costs life cycle assessment of an acrylonitrile process by capacity enlargement in Mexico.
<b>EMISIONES AL SUELO</b>					
Sulfur dioxide	0,0021300000000	kg			Referencia: Morales-Mora et al., 2012. Environmental and eco-costs life cycle assessment of an acrylonitrile process by capacity enlargement in Mexico.

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	CONJUNTO DE DATOS	BASE DE DATOS	OBSERVACIONES
<b>Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos</b>					
Cal Viva	1000	kg			
<b>Entradas conocidas desde la naturaleza (recursos)</b>					
Wood, unspecified, standing/kg	0,0003	kg			
Coal, hard	1,7300	kg			
Coal, brown	12,3000	kg			
Gas, natural, 30.3 MJ per kg	59,7000	kg			
Oil, crude	21,8000	kg			
Peat	0,0023	kg			
Uranium	0,0022	kg			
<b>EMISIONES AL AIRE</b>					
Polycyclic organic matter, unspecified	1,0700000	g			
Methane	501,0000000	g			
VOC, volatile organic compounds	29,0000000	g			
Carbon dioxide, fossil	1080000,0000000	g			
Carbon dioxide, biogenic	26,6000000	g			
Carbon monoxide	894,0000000	g			
Nitrogen oxides	832,0000000	g			
Ammonia	0,1170000	g			
Particulates, unspecified	64,3000000	g			
Sulfur oxides	185,0000000	g			
Hydrogen sulfide	0,6330000	g			
Hydrogen cyanide	0,0008170	g			
Hydrogen chloride	5,8200000	g			
Hydrogen fluoride	0,7670000	g			
Arsine	0,0043600	g			
Cadmium compounds	0,0110000	g			
Copper compounds	0,0118000	g			
Manganese compounds	0,0449000	g			
Mercury compounds	0,0151000	g			
Nickel compounds	0,0154000	g			
Lead compounds	0,0300000	g			
Dioxins (unspec.)	0,0000001	g			
<b>EMISIONES AL AGUA</b>					
COD, Chemical Oxygen Demand	6,5600000	kg			
BOD5, Biological Oxygen Demand	0,3590000	kg			
Cyanide	0,0002430	kg			
Hydrocarbons, unspecified	0,0091500	kg			
Nitrogen	0,2620000	kg			
Phosphorus compounds, unspecified	0,1380000	kg			
Aluminium	0,8330000	kg			
Arsine	0,0043300	kg			
Cadmium compounds	0,0039500	kg			
Chromium compounds	0,0256000	kg			
Copper compounds	0,0219000	kg			
Tin	0,0000010	kg			

Iron	26,5000000	kg			
Mercury compounds	0,0001190	kg			
Nickel compounds	0,0000063	kg			
Lead	0,0290000	kg			
Zinc compounds	0,1080000	kg			

#### Clarificación de Meladura

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	CONJUNTO DE DATOS	BASE DE DATOS	OBSERVACIONES
<b>Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos</b>					
Clarificación de Meladura	1,0000	t			
<b>Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)</b>					
Azufre	0,0022	kg		creado	
Floculante	0,00027	kg		creado	Floculante /tCaña
Cal Viva	0,174	kg		creado	Cal / t Caña
Phosphoric acid, industrial grade, 85% in H2O, at plant/RER S	0,0098	kg		Ecoinvent system processes	Ácido Fosfórico/tCaña
Transport, lorry 3.5-16t, fleet average/RER S	0,00377	tkm		Ecoinvent system processes	Transporte por tierra de floculante. 438 km
Container ship ocean, technology mix, 27.500 dwt pay load capacity RER S	0,00627	tkm		ELCD	Transporte por mar de ácido fosfórico. 3062 km
Transport, lorry 3.5-16t, fleet average/RER U	0,014150179	tkm		Ecoinvent unit processes	Transporte de Cal desde vijes 25 km
Transport, lorry 3.5-16t, fleet average/RER S	0,00033	tkm		Ecoinvent system processes	Transporte por tierra de ácido fosfórico. 160 km

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	CONJUNTO DE DATOS	BASE DE DATOS	OBSERVACIONES
<b>Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos</b>					
Azufre	1	kg			
<b>Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)</b>					
Sulfur, at plant/kg/RNA	1	kg		USLCI	

#### Otros Insumos

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	CONJUNTO DE DATOS	BASE DE DATOS	OBSERVACIONES
<b>Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos</b>					
Otros Insumos	1,0000	p			Incluye los insumos utilizados en lavado y su transporte
<b>Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)</b>					
Sodium hydroxide, 50% in H2O, diaphragm cell, at plant/RER U	0,384	kg		Ecoinvent unit processes	
Benzal chloride, at plant/RER U	0	t		Ecoinvent unit processes	
Transport, lorry >28t, fleet average/CH U	0,029949	tkm		Ecoinvent unit processes	

Soap, at plant/RER U	0	kg		Ecoinvent unit processes	Representa el consumo de Topax 68 Detergente
Sodium hypochlorite, 15% in H2O, at plant/RER U	0	kg		Ecoinvent unit processes	Hipoclorito de sodio, no se conoce la concentración
Chemicals inorganic, at plant/GLO U	0	kg		Ecoinvent unit processes	Hipoclorito de Calcio

Refinería Azúcar					
MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	CONJUNTO DE DATOS	BASE DE DATOS	OBSERVACIONES
Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos					
Refinería Azúcar	1	p			Todo por 1 tCaña
Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)					
Floculante	0,00337	kg		creado	Floculante
Cal Viva	0,02473	kg		creado	Hidróxido de Calcio (Falta el proceso de apagado)
Chemicals inorganic, at plant/GLO U	0,010205	kg		Ecoinvent unit processes	Decolorante
Phosphoric acid, industrial grade, 85% in H2O, at plant/RER U	0,07321	kg		Ecoinvent unit processes	Ácido Fosfórico
Chemicals inorganic, at plant/GLO U	0,01265	kg		Ecoinvent unit processes	Tierras Filtrantes y Carbón Activado (Revisar literatura)
Natural gas (m³)	0	m³		creado	Gas Natural para la activación del carbón. El Ingenio Risaralda no usa carbón para las calderas.
Diesel, at regional storage/RER U	0*densidad_diesel	kg		Ecoinvent unit processes	Diesel para la activación del carbón
Chemicals organic, at plant/GLO U	0	kg		Ecoinvent unit processes	Color Caramelo

Cogeneración					
MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	CONJUNTO DE DATOS	BASE DE DATOS	OBSERVACIONES
Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos					
Planta de Cogeneración Etanol v3	1,0000	p			Impacto de la planta de cogeneración para 1 t de caña
Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos evitados					
Electricidad, FECOC 2015	11,3	kWh			
Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)					
Combustión Carbón Genérico FECOC	Carbon	kg		creado	
Combustión de Bagazo FECOC	Bagazo	kg		creado	
Heavy fuel oil, burned in industrial furnace 1MW, non-modulating/RER U	MJ_FuelOil	MJ		Ecoinvent unit processes	
Combustión Cascarilla de Café FECOC	CascarillaCafe	kg		creado	
Chemicals inorganic	QuimicosTrat	kg		LCA Food DK	
Transport, lorry 3.5-16t, fleet average/RER U	(QuimicosTrat/1000)*320	tkm		Ecoinvent unit processes	

Transport, lorry >16t, fleet average/RER U	CascarillaCafe*50/1000	tkm		Ecoinvent unit processes	
<b>Entradas conocidas desde la tecnósfera (electricidad/calor)</b>					
Electricidad, FECOC 2015	0	kWh		creado	

#### Combustión Carbón Genérico FECOC

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	CONJUNTO DE DATOS	BASE DE DATOS	OBSERVACIONES
<b>Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos</b>					
Combustión Carbón Genérico FECOC	1	t			
<b>EMISIONES AL AIRE</b>					
Carbon dioxide	2534,814	kg			
Methane	0,028760236	kg			
Nitrogen dioxide	0,043140354	kg			

#### Combustión de Bagazo FECOC

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	CONJUNTO DE DATOS	BASE DE DATOS	OBSERVACIONES
<b>Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos</b>					
Combustión de Bagazo FECOC	1	t			
<b>EMISIONES AL AIRE</b>					
Carbon dioxide	0	kg			
Methane	0,489379588	kg			
Nitrogen dioxide	0,065250612	kg			

#### Combustión Cascarilla de Café FECOC

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	CONJUNTO DE DATOS	BASE DE DATOS	OBSERVACIONES
<b>Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos</b>					
Combustión Cascarilla de Café FECOC	1	t			
<b>EMISIONES AL AIRE</b>					
Carbon dioxide	0	kg			
Methane	0,489379588	kg			
Nitrogen dioxide	0,065250612	kg			

#### Electricidad, FECOC 2015

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	CONJUNTO DE DATOS	BASE DE DATOS	OBSERVACIONES
<b>Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos</b>					
Electricidad, FECOC 2015	1	kWh			
<b>EMISIONES AL AIRE</b>					
Carbon dioxide	0,199	kg			

<b>Destilería</b>					
MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	CONJUNTO DE DATOS	BASE DE DATOS	OBSERVACIONES
<b>Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos</b>					

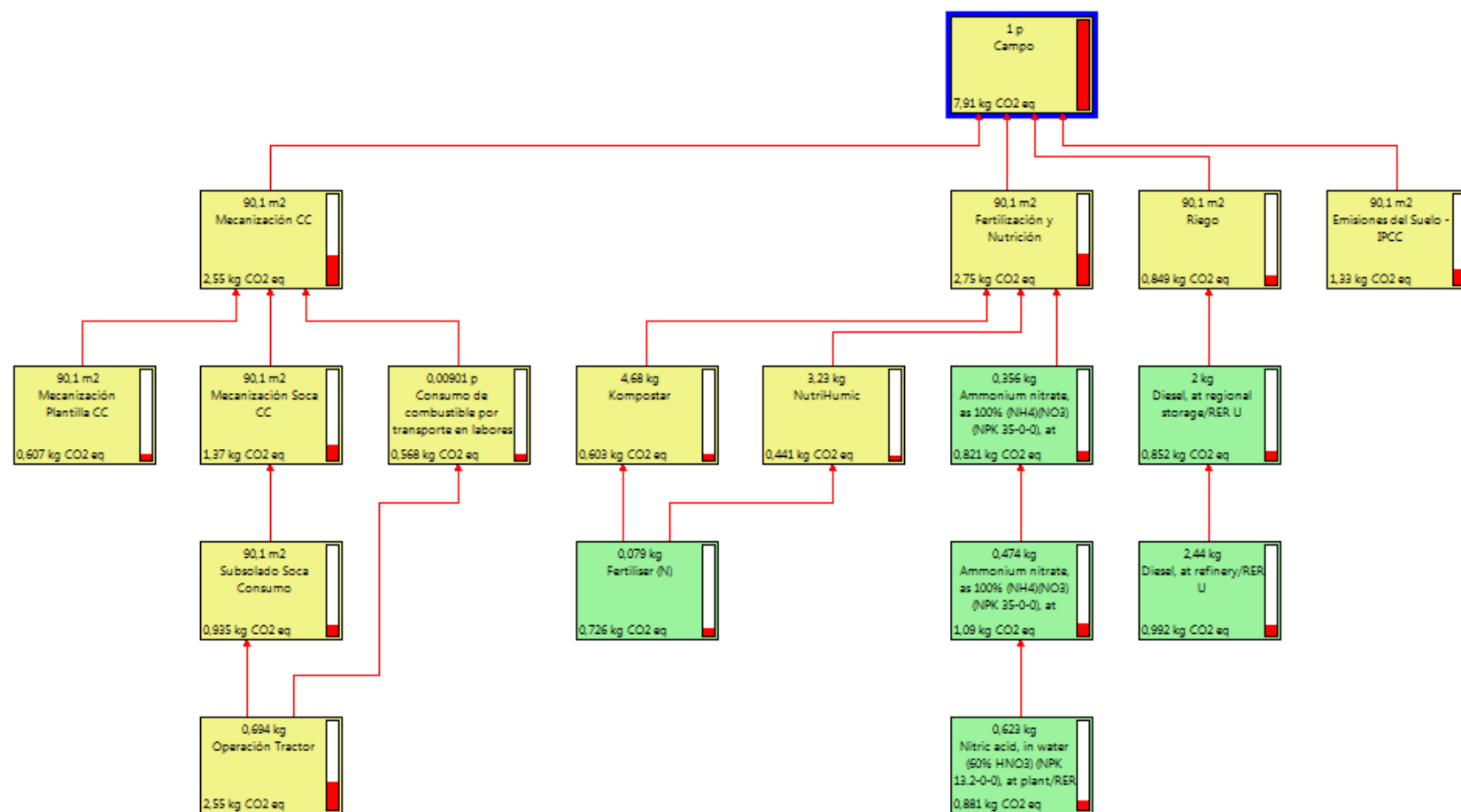


Destilería	tCana_m³EtOH	p			Impactos asociados a la producción de 1 m³ de etanol. El factor 39.74 se refiere a la cantidad caña molida para producir 1 m³ de EtOH PARÁMETROS ACV
<b>Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)</b>					
Sulphuric acid, liquid, at plant/RER U	0,01938	t		Ecoinvent unit processes	
Urea, as N, at regional storehouse/RER U	Urea_Utilizada*N_Urea	t		Ecoinvent unit processes	El proceso esta respecto a un kg de N, por tanto el total de Urea se divide en 2.17 kg Urea/1 kg de N
Sodium hydroxide, 50% in H2O, production mix, at plant/RER U	0,0068	t		Ecoinvent unit processes	
Chemicals inorganic, at plant/GLO U	0,0023	kg		Ecoinvent unit processes	
Chemicals organic, at plant/GLO U	0,00014	kg		Ecoinvent unit processes	
Nitric acid, 50% in H2O, at plant/RER U	0	t		Ecoinvent unit processes	
Transport, lorry >28t, fleet average/CH U	36,1	tkm		Ecoinvent unit processes	
<b>EMISIONES AL AIRE</b>					
Carbon dioxide, biogenic	0,65	kg			

## ANEXO 6. DIAGRAMAS DE ENTRADAS Y SALIDAS. CAMPO

ENTRADAS	SUBPROCESOS	SALIDAS
Introducción de maquinaria Combustibles lubricantes	Operación de equipos y maquinaria	Generación de emisiones atmosféricas: gases de combustión Generación de emisiones atmosféricas: polvo por transporte Consumo de combustibles Uso y alteración del suelo Generación de aceites quemados Generación de residuos sólidos: filtros
Calor, agua, productos químicos	Tratamiento de semilla	Consumo de agua Uso de fungicidas para desinfección de machetes al momento del corte de semilla Generación de envases de agroquímicos
Herbicidas	Control Malezas	Consumo de agua para preparación de agroquímicos Escorrentía de preparación de agroquímicos Generación de envases de agroquímicos
Especies benéficas	Control de plagas	Liberación de especies para el control biológico Generación de bolsas plásticas de trampas
Variedades	Control de enfermedades	Tratamiento térmico de semilla Uso de variedades resistentes
Agua Infraestructura para riego	Riego	Consumo de agua Pérdidas de agua por infiltración en las conducciones Pérdidas por escorrentía
Instalaciones de drenaje Excesos de humedad del suelo	Drenaje	Remoción de agua Remoción de suelo en la instalación de drenes
Fertilizantes N, P, K Abonos orgánicos	Fertilización y nutrición	Uso de productos químicos Generación de vertimientos con trazas de fertilizantes Deriva de productos foliares Uso de abonos orgánicos Generación de residuos sólidos

## RED DE ANÁLISIS DE LA TESIS PARA EL PROCESO DE CAMPO (CATEGORÍA DE CAMBIO CLIMÁTICO)

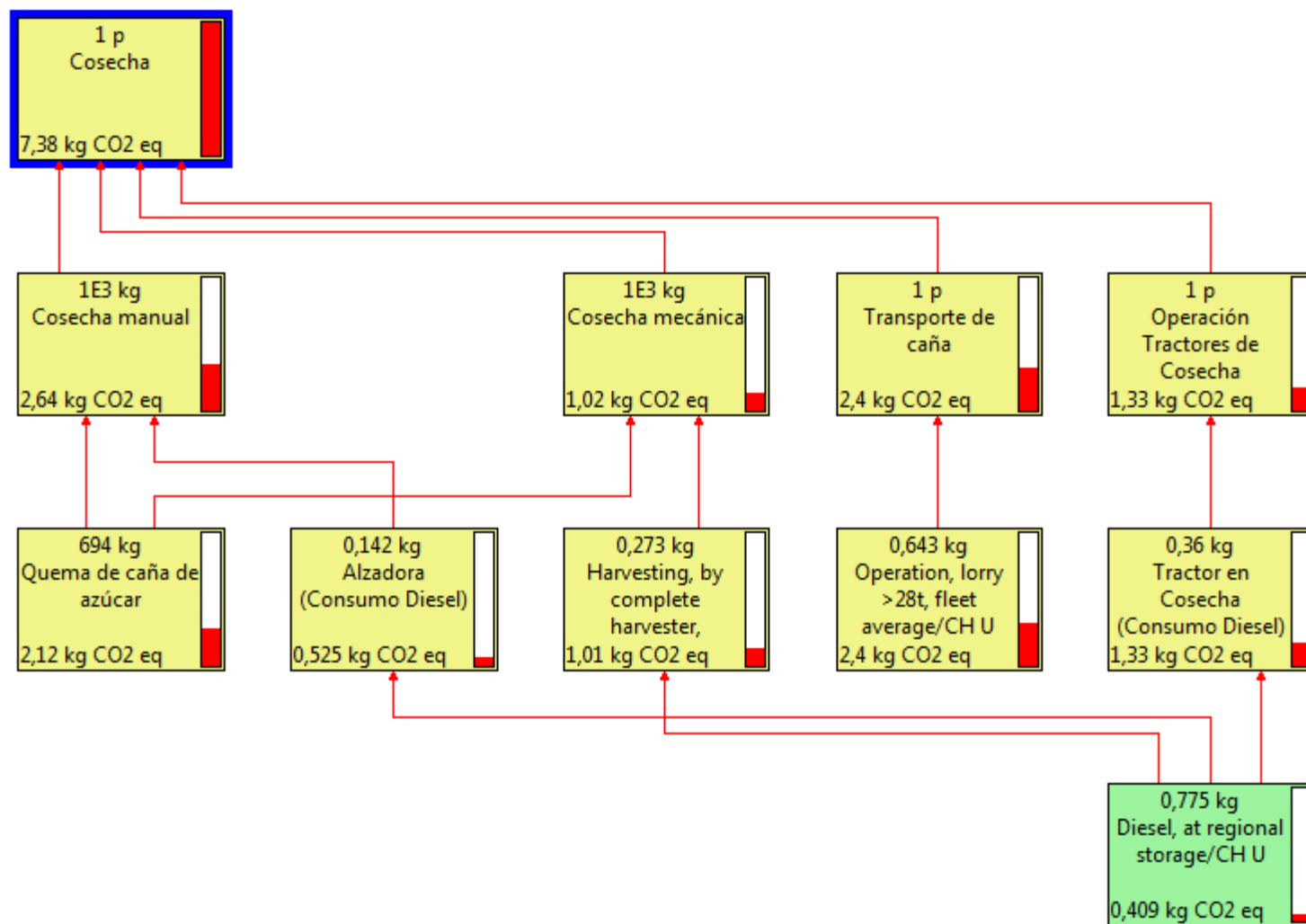


Fuente: Software SimaPro, 2016

## ANEXO 7. DIAGRAMA DE ENTRADAS Y SALIDAS. COSECHA

ENTRADAS	SUBPROCESOS	SALIDAS
Reguladores de crecimiento Bioestimulantes Equipos de aplicación	Concentración de azúcar en el campo: Maduración	Aplicación de reguladores de crecimiento Deriva de producto Generación de vertimientos líquidos en la preparación de agroquímicos y en el lavado de equipos Generación de residuos sólidos
Fuego, combustibles	Precosecha: Quema	Generación de material particulado (gases, humo y pavesas) Generación de calor Generación de residuos sólidos de mantenimiento de equipos
Maquinaria Combustibles Lubricantes	Corte, alce y transporte	Alteración del suelo Generación de polvo Generación de residuos vegetales
Mano de obra, maquinaria	Manejo de residuos de cosecha en el campo	Encalle de residuos

## RED DE ANÁLISIS DE LA TESIS PARA EL PROCESO DE COSECHA (CATEGORÍA DE CAMBIO CLIMÁTICO)



Fuente: Software SimaPro, 2016

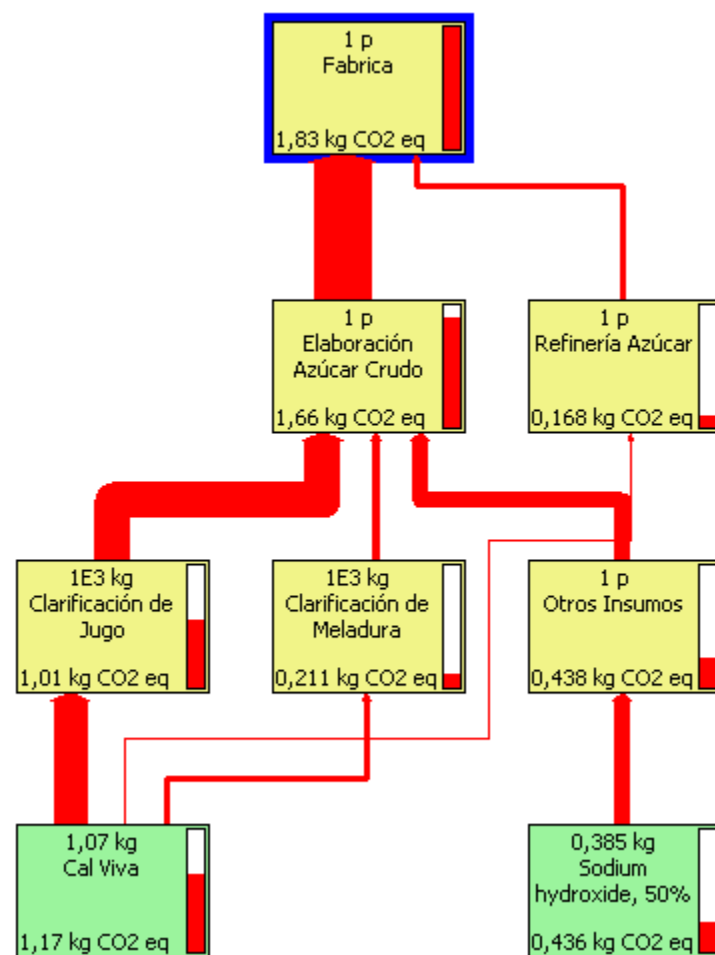
## ANEXO 8. DIAGRAMA DE ENTRADAS Y SALIDAS. FÁBRICA

ENTRADAS	SUBPROCESOS	SALIDAS
Caña de azúcar Vehículos de transporte Maquinaria Energía eléctrica	Recepción de caña	Generación de emisiones de polvo por descargue Generación de residuos sólidos: caña, tierra y lodo Generación de gases de combustión por transporte y funcionamiento de equipos Generación de vertimientos: lavado del patio
Combustibles Lubricantes	Operación de equipos	Consumo de energía
Caña Agua Energía eléctrica	Limpieza de caña: Lavado	Consumo de agua Generación de vertimientos líquidos Generación de residuos de caña Generación de residuos sólidos: tierra, lodo Generación de polvo
Energía térmica o eléctrica Grasa, lubricantes Agua, bactericidas	Preparación y molienda	Uso de vapor Generación de emisiones atmosféricas: vapor de agua, bagacillo, calor, ruido Generación de vertimientos: aguas dulces Uso de aguas dulces para maceración Uso de agua industrial Generación de vertimientos líquidos: aguas grasas Generación de vertimientos: aguas de enfriamiento Generación de bagazo Generación de residuos sólidos: arena, piedras, material vegetal, bagazo residual
Jugo	Pesaje	Desborde de jugos
Agua, aire, energía eléctrica, vapor, azufre (SO <sub>2</sub> )	Sulfitación	Emisión de SO <sub>2</sub> Uso de vapor Generación de vertimientos líquidos Generación de residuos sólidos: empaques
Cal, ácido fosfórico Energía eléctrica, aguas dulces	Alcalización	Uso de agua industrial Generación de vertimientos: aguas dulces por desbordes o fugas Generación de vertimientos: fugas de bombas en la estación de preparación de cal Generación de material particulado: polvillo de cal en estación de preparación Generación de residuos sólidos: empaques, cal residual, sedimentos

## Continuación... Diagrama de Entradas y Salidas. Fábrica

ENTRADAS	SUBPROCESOS	SALIDAS
Vapor, condensados	Calentamiento	Generación de condensados Generación de residuos sólidos: por mantenimientos preventivos y correctivos
Floculante Energía eléctrica, condensados	Clarificación	Uso de agua industrial Generación de vertimientos: desbordes; espumas Generación de vertimientos líquidos en mantenimientos Generación de residuos sólidos: empaques de insumos
Agua de inyección, vapor, energía térmica	Evaporación	Generación de emisiones: gases incondensables Generación de condensados Generación de vertimientos por excedentes de condensados Generación de residuos sólidos: incrustaciones Generación de vapor Uso de vapor
Vapor, energía, agua para vacío	Cristalización	Generación de condensados Derrame de masas Uso de agua para vacío Generación de vertimientos líquidos: enjuagues
Agua caliente, condensados Aire comprimido, Energía eléctrica	Centrifugación	Generación de vertimientos: desbordes de materiales fugas de bombas Uso de condensados
Energía eléctrica, vapor, aire caliente	Secado	Generación de material particulado: polvillo de azúcar Generación de vertimientos líquidos: aguas dulces Generación de residuos sólidos: azúcar húmedo Uso de vapor
Energía eléctrica Aire comprimido Empaques	Empaque	Generación de residuos sólidos: derrame de azúcar Generación de residuos sólidos: empaques, hilaza Uso de condensados: lavado de equipos

## RED DE ANÁLISIS DE LA TESIS PARA EL PROCESO DE FÁBRICA (CATEGORÍA DE CAMBIO CLIMÁTICO)



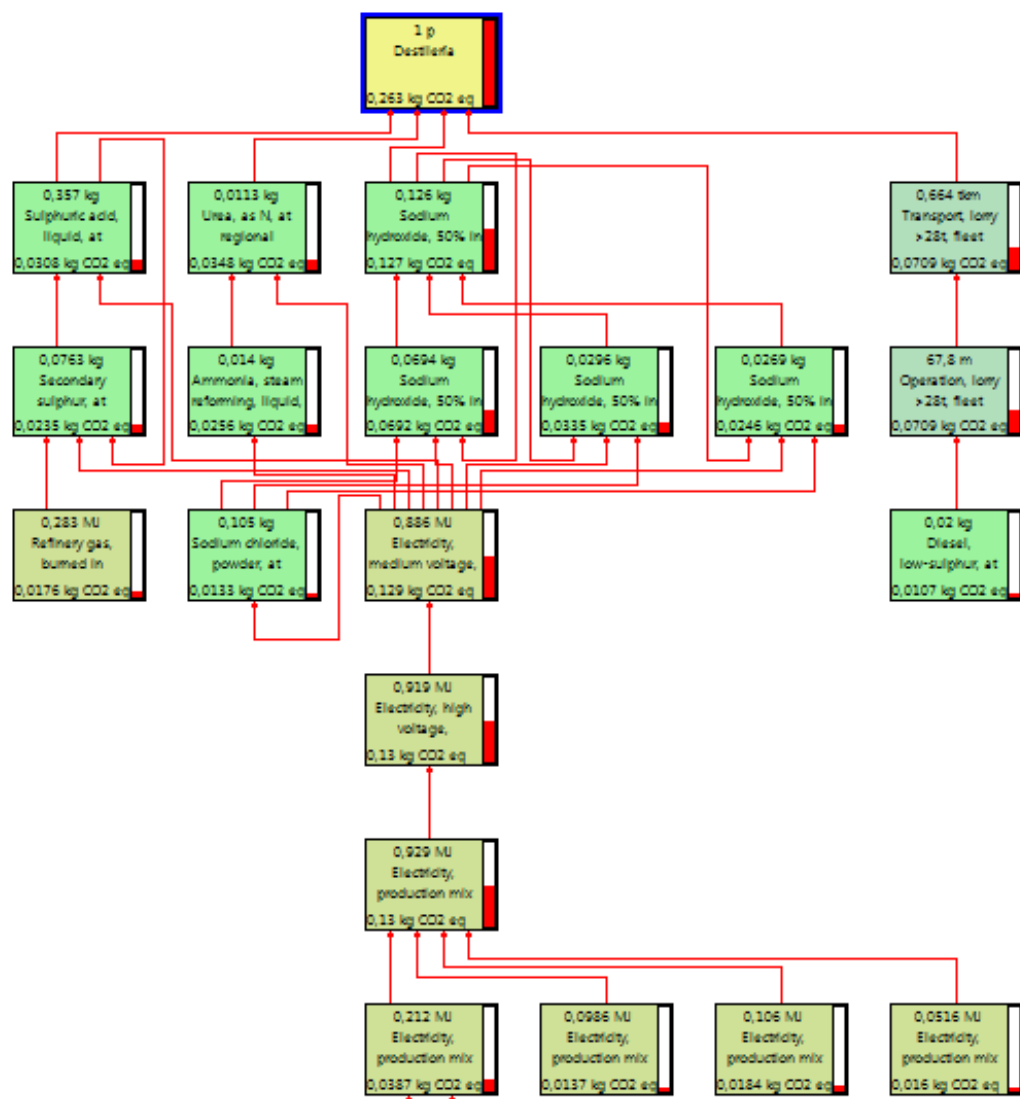
Fuente: Software SimaPro, 2016



## ANEXO 9. DIAGRAMA DE ENTRADAS Y SALIDAS. DESTILERÍA

ENTRADAS	SUBPROCESOS	SALIDAS
Miel B, Miel A	Almacenamiento de materias primas	Generación de vertimientos por desborde de materiales Generación de vertimientos: fugas de bombas, limpieza de equipos Uso de agua para dilución, refrigeración
Vapor	Pasteurización	Generación de condensados dulces
Agua, vapor, energía, aire comprimido Levadura, nutrientes, vinaza Antibiótico y biocidas	Fermentación	Generación de residuos sólidos: empaques de insumos Generación de vapores volátiles Generación de CO <sub>2</sub> Generación de lodos de levadura Consumo de agua
Agua, energía, vapor Aire comprimido Productos de limpieza (CIP)	Destilación y deshidratación	Consumo de agua Uso de vapor Generación de condensados de vapor Generación de gases incondensables Aprovechamiento del calor de la vinaza Generación de vinaza Generación de condensados de concentración de vinaza Generación de flemazas Generación de residuos de limpieza en sitio - CIP Generación de vertimientos por derrames de proceso Derrames de soluciones de ácido nítrico o soda Generación de lodos
Gasolina	Desnaturalización, Centro de despacho	Generación de vertimientos líquidos por derrames Derrames de alcohol Generación de vapores de alcohol carburante

## RED DE ANÁLISIS DE LA TESIS PARA EL PROCESO DE DESTILERÍA (CATEGORÍA DE CAMBIO CLIMÁTICO)

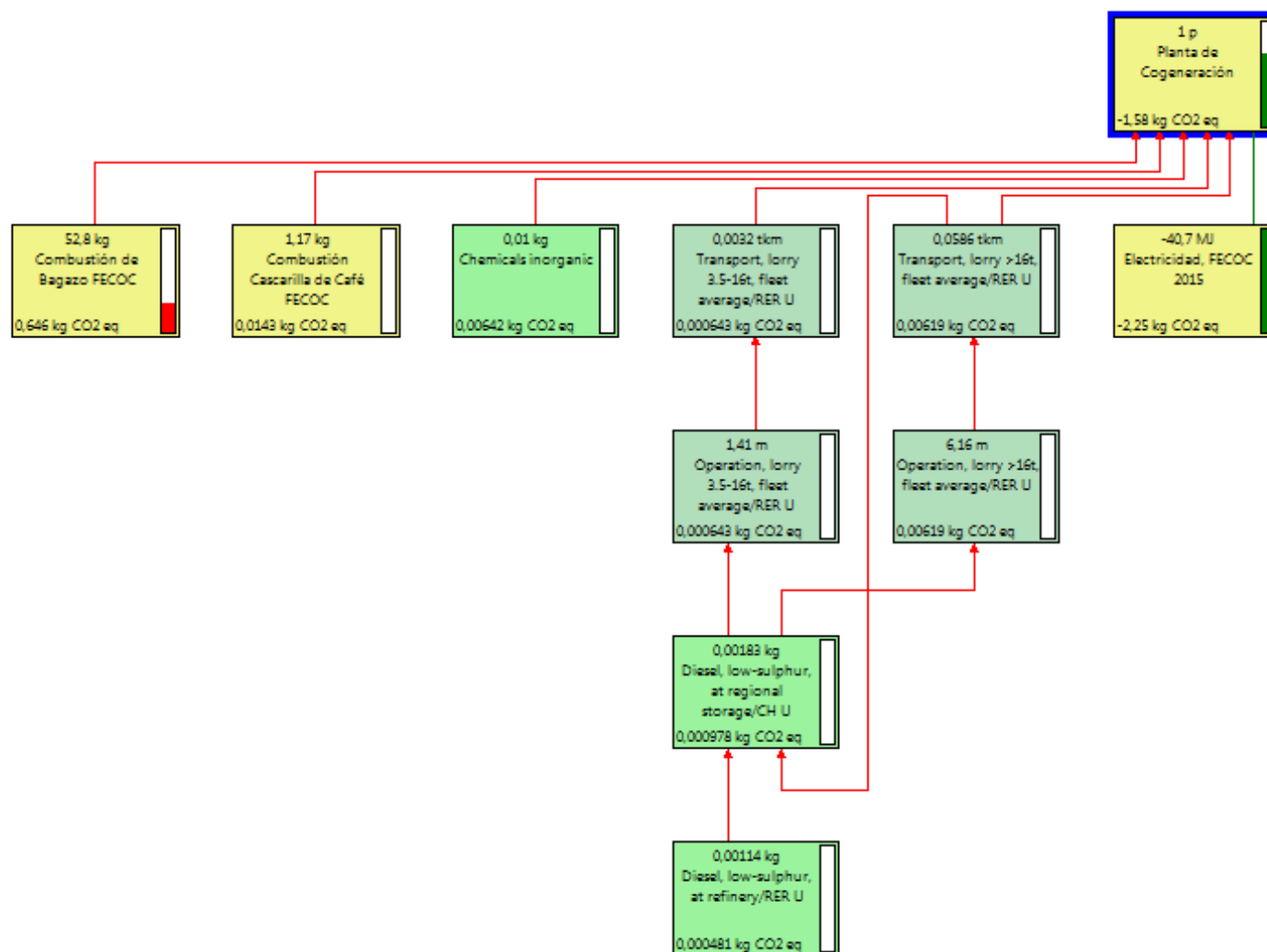


Fuente: Software SimaPro, 2016

## ANEXO 10. DIAGRAMA DE ENTRADAS Y SALIDAS. COGENERACIÓN DE ENERGÍA

ENTRADAS	SUBPROCESOS	SALIDAS
Insumos químicos, agua condensada e industrial. Aire de ventilación Agua de enfriamiento	Tratamiento de agua de calderas	Uso de agua industrial Uso de vapor de escape Generación de residuos sólidos: empaques y recipientes de insumos Generación de vertimientos líquidos por uso de insumos Derrame de productos, agua de purga
Condensados del vapor de escape Agua desmineralizada	Almacenamiento de agua	Uso de agua tratada Desbordes de agua caliente Generación de vapor de agua
Bagazo, bagacillo Condensados, agua desmineralizada Energía eléctrica	Generación de vapor	Uso de agua Uso de bagazo Generación de material particulado Emisión de gases (NOx, SOx, CO, CO2) Generación de residuos sólidos: cenizas Generación de residuos sólidos en mantenimiento de equipos Generación de vertimientos líquidos
Vapor vivo Agua de refrigeración	Generación de energía	Generación de condensados Generación de aceites usados Generación de residuos sólidos en mantenimiento de equipos Generación de vertimientos: agua de purga de turbos
Energía de alta o baja tensión Servicios AC y DC	Transformación de energía eléctrica	Generación de gases de escape, campos magnéticos Generación de residuos sólidos Generación de Policloruro de bifenilo – PC

## RED DE ANÁLISIS DE LA TESIS PARA EL PROCESO DE PLANTA DE COGENERACIÓN (CATEGORÍA DE CAMBIO CLIMÁTICO)



Fuente: Software SimaPro, 2016